# ブリューワー分光光度計を利用した

## 散乱波長別紫外域日射の精密観測

## 伊藤 真人\*

## Diffuse Spectral UVB Observation using Brewer Spectrophotometer and Simple Shadow Unit

#### **Mahito ITO**

#### Abstract

A Brewer spectrophotometer with simple shadow unit for observing diffuse spectral UVB was developed at the Aerological Observatory, Tsukuba. This paper presents the results of diffuse spectral UVB measurements carried out from June (summer) to December (winter) in 2004. They are summarized as follows; 1) Simple shadow unit comprised of free frame and a black ball was mounted on Brewer spectrophotometer MKII #058. Shadow effect of the free frame was confirmed to be negligible comparing with Brewer #052 on a clear day. By comparing with Brewer #052 (replaced by #113 on a temporary basis) the responsivity of unshadowed Brewer #058 was monitored during the measurements. They agreed within 1 percent under selected clear and fine sky conditions. The daily responsivity trend of Brewer #058 was also traced in the same way as routine UV observation. 2) Shadowed Brewer #058 and unshadowed #052 (#113) were run by time-controlled scan uz.rtn which is a special routine for instrument intercomparison. UVB diffuse ratios (diffuse/global) were calculated for a total of twenty clear and fine days. The diffuse ratio showed a daily pattern of shallow sinusoidal concave with the minimum value at noon. During the daytime from 9.5 to 14.5 JST (Japan Standard Time) the mean ratio was about 0.81 (0.77 for clear, 0.87 for the rest) and the minimum 0.77 (0.74 for clear, 0.88 for the rest) in contrast with the deep flat pan pattern of solar diffuse ratio the mean value of which was about 0.19 for clear days. As a whole the UVB diffuse ratio was 3.5 to 4 times larger than the solar diffuse ratio around noon. Linear wavelength-dependence of the spectral UVB diffuse ratio was recognized and the gradient was about -0.3 %/nm. The UVB diffuse ratio decreased toward winter but the tendency was weaker than the solar diffuse ratio. 3) Relations between UVB diffuse ratio and some atmospheric conditions were examined. Due to remarkable difference of the daily pattern, the solar diffuse ratio related to the UVB diffuse ratio roughly as 0.1 versus 0.6 (0.5 for summer, 0.7 for late autumn to winter), 0.4 versus 0.98 (0.96 for summer, nearly 1.0 for late autumn to winter), and 0.5 versus the saturated value of 1.0, respectively. Atmospheric turbidity, visibility and cloud amount affected the UVB and solar diffuse ratios in a similar way but the steepness of the correlation curves were fairly different.

## 1.はじめに

天空で散乱され地上に到達する散乱波長別紫外域日射 (Diffuse Spectral Ultraviolet Radiation)の精確な挙動につい てはよく知られていない.紫外域よりも長波長域の日射 領域における散乱日射(Diffuse Solar Radiation)の観測は歴 史が古く,従来多くの観測・解析結果が報告され(例えば

\*高層気象台 観測第三課

Philipona(2002)),当台でも 1957 年より精確な観測が実施 されている(観測第三課:1996).また紫外域日射量を積算 値として観測する広帯域紫外域日射計(Broadband Ultraviolet Radiometer)を用いた散乱紫外域日射の観測に ついても,Payerne(Swiss National UV Network),Okulahoma 等のWCRP/BSRN(世界基準地上放射観測網)観測点での観 測(BSRN: 2002)をはじめ,MSC(Canada)や NIWA(New Zealand),さらに当台でも UV-S-AB-T(Kipp & Zonen 製)の



Photo. 1 Diffuse UV observation using Brewer #058 with shadow unit on the rooftop at the Aerological Observatory, Tsukuba.



Photo. 2 Diffuse UV comparison using Brewers #058 and #052(#113) on the rooftop.

#### 測器で試験運用されている.

しかし,広帯域紫外域日射計を使用した散乱紫外域日 射観測については,使用している測器の感度変化や分光 特性,また高度角特性等に問題が多く(WMO: 1998),高 精度な観測値は公表されていない.さらに,波長別に数% 以内の誤差で観測された例は,世界的にもほとんど行な われていない.そのため,高精度な散乱波長別紫外域日 射の観測は,全球気候モデルを考える上でも,地面反射 波長別紫外域日射量(伊藤: 2004)と同様,まずは観測値を 得ることが強く求められている.

いっぽう,ブリューワー分光光度計(Brewer Spectrophotometer:以下 Brewer と呼ぶ)を使用し,uv-観測(波長 290.0 ~325.0 nm の全天波長別紫外域日射観測)をはじめ,ds-観 測(直射光オゾン・二酸化硫黄全量観測),ss-観測(波長 286.5~325.0 nm の直射光波長別紫外域日射観測)等の観 測が世界各地で行われている.しかしこれらの中の ss-観 測では,Brewer が開発されて以来,未だ精確な観測用常 数校正方法が報告されていない.この校正には,紫外域 日射量の散乱成分の精確な把握が必要とされ,この分野 でも散乱波長別紫外域日射の観測が期待されている.

当台では, Brewer を導入当初(1990年)より,散乱紫外 域日射観測を試みてきた.しかし,当測器を波長別紫外 域日射観測装置として定常観測に使用していたことから, 高精度観測の結果を報告するには至らなかった.そこで 今回,(1) Brewer に装着する散乱波長別紫外域日射観測用 の簡易型(手動型)遮蔽装置を作製し,(2)散乱波長別紫外域 日射の観測と、Brewer 基準器による全天光波長別紫外域 日射観測を同時(比較観測)に行い,(3)おおよその紫外域日 射散乱率の変化について把握することを試みた.

なお,測器の基本的構造や本稿で使用する測器に関す る専門用語については,伊藤ほか(1991),気象庁(1993), Kipp & Zonen(1999, 2001),及び伊藤・宮川(2001)等を参照 していただきたい.

## 2. 遮蔽装置と比較観測・解析方法

#### 2.1 簡易型遮蔽装置

本論では, Brewer に装着可能な簡易型遮蔽装置を作製 し,散乱波長別紫外域日射観測装置とした.遮蔽装置は, Photo.1 のとおり折り曲げ可能なフレーム(Free Frame)を方 位追尾装置(Azimuth Trucker)の側面に装着させるもので ある.Brewer 本体の UV-ドームに対する直射光の遮蔽は, フレームの先端に遮蔽球を取り付けることにより実施し た.遮蔽球の中心と UV-ドーム内の感部(テフロン拡散板) 間の距離 L や遮蔽球の は, BSRN の基準(WMO: 1996, Ohmura: 2002)に基づき, L=955mm, =83mm とした.

## 2.2 比較測器

比較観測では,以下のとおり2台の Brewer MKIIを用 い,散乱成分観測用を Brewer MKII #058(#058 は測器番号) とし,全天成分観測用の基準器を#052及び#113(国内準器) とした.

- Normal UV comparison (Global UV vs Global UV)
   #058: Global UV observation on the rooftop
   #052(#113): Global UV observation on the rooftop
- 2) Diffuse UV comparison (Diffuse UV vs Global UV)
   #058 : Diffuse UV observation on the rooftop
   #052(#113) : Global UV observation on the rooftop

The distance between #058 and #052(#113) : about 5 m The difference of level between #058(#113) and #052(#113) : about 60cm

なお後述するとおり,2)の散乱成分と全天成分との比較 観測日以外では,#058の遮蔽装置を取り除き,各測器の 比較観測が正常に実施されたことを立証するための 1)の 通常の比較観測を実施した.

#058 については,2003 年 7 月と2004 年 5 月に光学系 の調整後,各種スペクトルランプを使用した分光試験 (dispersion test:伊藤ほか(2003))による分光常数の校正, 及び NIST ランプ((米国標準技術研究所(National Institute of Standard and Technology)で維持する基準照度が付けら れた 1000W 標準ランプ)による観測用常数の校正(伊藤ほ か:2000)を行った.また,比較期間中に若干の分光常数 のずれが認められたため,2004 年 8 月に同様の調整と常 数校正を再度実施した.

#052 については,定常観測用測器として使用している が,2003 年 2 月に NIST ランプ検定を,2004 年 9 月に分 光常数の校正と NIST ランプ検定を行った.なお,比較期 間中の 10 月下旬から 11 月中旬には国内準器#113 を追加 して比較観測を実施した.#113 は国際測器相互比較で測 器感度を確認し(伊藤・宮川:2003),また半年毎に NIST ランプ検定を実施している.

#### 2.3 比較位置

比較観測位置は, Photo.2 に示すとおり, 散乱成分観測 用#058 を当台屋上西方中央部に, 全天成分観測用#052 及 び#113 をその南端の Brewer 観測用台座上とした.両測器 間の感部(テフロン拡散板)の高さについては,#058 の遮蔽 装置が#052 や#113 に影響を与えないよう#058 の方を約 60cm 低くした.また,#058 と#052(#113)の測器間距離は 約 5m,#052 と#113 との距離は約 1m である.

#### 2.4 測器感度トレンド

各 Brewer の日々の測器感度の監視については,気象庁 の紫外域日射観測網における監視方法(伊藤・宮川:2001) と同様,外部標準ランプ点検(5個の50W ハロゲンランプ による点検)をほぼ10日毎の夜間に実施し,また日々の 自動点検スケジュールに内部標準ランプ点検(20W 内部八 ロゲンランプによる点検)を4回組み込んだ.これらの点 検値により,3測器の日々の測器感度トレンドを算出し, 観測値を補正した.Fig.1に,2004年におけるこれら測器 の感度トレンドを示す.このように,測器感度は,+5%以 下で安定した結果となった.なお,屋外に出した場合, 数%の感度変化が起きているが,この現象はプリューワー 分光光度計の一般的な特性なので問題ない.

#### 2.5 比較観測方法

比較観測では,比較観測用 uz.rtn(uz-観測:定時刻波長 別紫外域日射観測)を使用した.uz.rtn では,波長 290.0~



Fig. 1 Trend of Brewer MKIIs #058, #052 and #113 responsivity differences (%) by external lamp tests in 2004.

325.0nm の範囲を波長幅 0.25nm で片道走査(約 8 分)させ るが,毎 00 分と毎 30 分にその走査を開始させることが できる.そのため,制御装置の時刻を合わせることによ り,同波長走査の時間誤差を1 秒以内とすることができ る.夏季には毎時(毎 00 分)比較としたが,秋冬季には毎 30 分(毎 00 分と毎 30 分)比較とした.

この比較観測の合間には,通常の観測状態の監視や前述の ss-観測用測器常数校正の試算のため,通常の uv-観 測や ss-観測等の観測や点検走査を組み込んだ.

制御用 skc.rtn については,国内用の時刻制御 skc.rtn を 用いた.一日の#058のスケジュール(skd)の例を次に示す.

"comp\_uz.skd" of daily comparison schedule (JST) of #058

[JST(h)]	[Command]						
4.000	pd po ap fr hg sl pf						
4.836	pd hg <b>uz</b> b1 ss hg ds pf						
5.300	pd hg <b>uz</b> hg b1 ds hg uv pf						
5.836	pd hg <b>uz</b> b1 ss hg ds pf						
6.300	pd hg <b>uz</b> hg b1 ds hg uv pf						
(repeat)							

18.30 pd hg **uz** ap hg sl pf

遮蔽装置については,これら一連の観測・点検の中で uz-観測時のみ使用した.観測直前に,遮蔽球を測器感部 と前述の距離になるよう設置し,観測直後に感部より下 側になるように移動させた.Brewer は通常,自動的に太 陽方位や太陽高度を追尾しながら観測を行うが,uz-観測 や uv-観測の場合,観測時間帯(約8分間)は太陽方位を向 いた状態で停止して観測を行う.そのため遮蔽球の陰は, 太陽方位・高度の変化により若干移動するが,UV-ドーム から外へはみ出すことはない.また,太陽天頂角が大き い日出頃や日没頃には,Brewer の傾斜窓から入射する直 射光の影響があると考えられるので,比較時間帯には傾 斜窓に目隠板を取り付けた.この目隠板は,比較時間帯 にのみ,#058及び基準器の#052(#113)に取り付けた.

このように、比較時には手動で遮蔽を行うが、その際(毎 時或いは毎30分),1)視程,2)雲量・雲種,3)太陽面の 雲状況,4)大気混濁度(直達日射量自動観測値),5)直射 光オゾン全量(Brewer MKIII #174 の自動観測値:10 分程度 の時刻差がある)等の関連項目について観測・記録した.

## 2.6 比較解析方法

今回の比較観測では、精確な波長別紫外域日射の比較 を目的としているため,時刻制御した uz-比較観測値を用 いた.解析では,比較で得られたuz-ファイルと波長別紫 外域日射観測用の測器感度常数ファイル(uvr-ファイル)を 用いて観測値を算出し,さらにこの観測値を外部標準ラ ンプ点検による日々の測器感度トレンド #058(%), #052(%), #113(%)で補正した.これらを含む補正方法は, 伊藤・宮川(2003)と同様なので本稿では省略する.解析で 使用した測器感度常数(uvr-ファイル)を以下に示す。

#### [Inst. No.] [ Response File] [Date of Calib. ] [NIST Lamp]

#058:	uvr 141 04. 058	Oct. 30, 2003	S-1054	
:	uvr 230 04. 058	Aug. 17, 2004	S-1054	
#052:	uvr 036 03. 052	Feb. 05, 2003	S- 934	
:	uvr 250 04. 052	Sep. 05, 2003	S-1055	
#113:	uvr 077 02. 113	Mar. 18, 2002	S-1038	

Ir#052(Ir#113)とし、その照度比については、Ir#058 / Ir#052 (Ir#113)というように Ir#052(Ir#113)を基準として表した. また比較のために用いた数値は次のとおりである.

TUV: Total UV(290~325nmの波長積算値)

UVB: Total UVB(290~315nmの波長積算値)

[TUV]:TUVの比

[UVB]:UVBの比

- [W(TUV)]: 290~325nmの0.5nm毎の各波長における放射 照度比をこの波長区間について算術平均した値
- [W(UVB)]: 290~315nmの0.5nm毎の各波長における放射 照度比をこの波長区間について算術平均した値
- [W(300-)]: 300~325nm の 0.5nm 毎の各波長における放射 照度比をこの波長区間について算術平均した値
- Daily Total TUV:上記 TUV の日積算値
- Daily Total UVB:上記 UVB の日積算値
- [D-TUV]: Daily Total TUV の比
- [D-UVB]: Daily Total UVB の比

#### 3. 観測結果

#### 3.1 フレームの影響に関する試験 Ir#058 / Ir#052

遮蔽装置を装着させた場合,感部のテフロン拡散板の 水平面上に,遮蔽球と自由フレームが突出する.遮蔽球 は直射光を遮蔽するが、フレームが天空開放度を狭め、 観測値に影響を及ぼす可能性がある.そこで遮蔽球を除 去し,フレームだけを装着させた状態で比較観測を実施 した.なおフレームについては,その陰の先端が感部に かからない程度に設置した.

比較は, 12/28(363th Julian Day:以下単に JD と呼ぶ)に ほぼ 30 分毎に実施した.当日はほぼ快晴であったが,昼 過ぎに雲量 4 の時間帯があった. 結果を Fig.2(a)~(d)と Table 1 に示す. Fig.2(a)では TUV と UVB の日変化を, Fig.2(b)にその照度比 Ir#058(with Frame) / Ir#052(Normal) を, Fig.2(c) に 30 分毎の波長別照度比(重ね書き)を, Fig.2(d)に日スペクトルの結果を示した.

これらの中で,比較精度が若干悪い[W(TUV)]と [W(UVB)]を除くと(以下,平均値はこれらを除く),

#### **Frame Effect Test**

Ir#058(with Frame) / Ir#052(Normal) =  $0.9952 \sim 1.0032$ 

となり、比較結果の誤差は±1%以内に入った.

Brewer の場合, 観測した照度には, NIST ランプ検定の 誤差や,日々の測器感度トレンドの誤差,温度特性によ る誤差,測器の高度角・方位角特性の誤差,等々が含ま れている.当台ではこれらの誤差を全体で2%以下に維持 比較解析では、各測器で得られた照度をそれぞれ Ir#058, する技術開発を行っており(伊藤ほか:2000), この誤差を 考慮すると、フレームの装着に関しては観測値に影響を 及ぼさないものと考えて良い.

## 3.2 通常の比較結果 Ir#058 / Ir#052(#113)

散乱成分観測用#058の測器感度を確認するため,遮蔽 装置を装着させない状態で,#052や#113との「通常の状 態」における比較観測を実施した.前述のとおり,#058 は観測台座上に設置していないので,#052や#113よりも 約 60cm 低い位置となっている.比較観測は,5~12月の 間に、散乱成分観測日の合間を使い約20日間実施した. それらの中で,快晴,薄曇り,晴れ等の4日間の例を Fig.3(a)~(d)に, 12 日間の解析結果を Table 2 に示した. Fig.3 と Table 2 は ,表している量が Fig.2 と Table 1 の内容 と同じである. なお, Table 2の下段には, 12日間の平均 値を算出した。

これらの12日間の平均値を3.1と同様に算出すると,

**Normal Comparison** 

Ir#058 / Ir#052(#113) = 0.9908 ~ 1.0031

となり,比較結果の誤差は±1%以内に入った.また波長別の比較結果でも,波長依存性は認められなかった.なお,#058の照度の方が若干低い結果となったが,これは 測器の設置位置のちがいによるものと考えてよい.

このように,通常の観測では基準器の#052 や#113 と同 じ観測値が得られており,後述するその間における散乱 成分の比較観測においても,#058 は基準器と同精度で作 動していたと判断される.

#### 3.3 散乱波長別紫外域日射観測

#### (a) 紫外域日射線散乱率の概要

散乱波長別紫外域日射観測については,2004 年 5~12 月に27回試みた.それらの中でほぼ全日のデータが得ら れた6月5日(157 JD)~12月27日(362 JD)における20回 の観測について解析した.なお,#058 による観測値を散 乱紫外域日射(Diffuse UV:DF\_UV),#052(#113)による観 測値を全天紫外域日射(Global UV:GL\_UV)とし,両者の 照度比(Ir#058 / Ir#052(Ir#113))を紫外域日射散乱率 (Diffuse UV Ratio:UV\_DF\_R)と呼ぶことにする.

## $UV_DF_R = Diffuse UV / Global UV$ = Ir#058 / Ir#052 (Ir#113)

散乱成分と全天成分との比較結果は,**3**.2と同様に Fig.4(a)~(d)に示した.ただし,Fig.4(d)の日スペクトルで は,左列が全天成分,右列が散乱成分となっている.ま た,比較種別7種の9.5~14.5h(南中時±3時間)における 平均散乱率をTable3に,同様に11.5h(ほぼ南中時)におけ るそれらをTable4に示した.

これらの図表に示されるように,紫外域日射散乱率は, 大きな日変化を示し,南中時に最低値をとる.天空が快 晴状態でない場合は,雲の影響により凹凸が激しくなる. 20日間の9.5~14.5hの20日間平均散乱率,及びそれらの 中の最小値(Min DF\_R)は,比較種別を[UVB] と[D-UVB] に限定すると(()内は[D-UVB]),

 $UV_DF_R = 0.8059 (0.7934) ----- from 9.5 to 14.5h$ \*\* Min UV\_DF\_R = 0.5186 (0.5561)

となった.また,南中時 11.5h の 20 日間平均散乱率,及 びそれらの中の最小値は,同様に,

 $UV_DF_R = 0.7718$  ------ at 11.5h

```
** Min UV_DF_R = 0.4790
```

となった.最大値(Max UV\_DF\_R)については,直射成分 紫外域日射(Direct UV)がなくなると当然 UV\_DF\_R = 1 (Diffuse UV = Global UV)になるので,ここでは議論しない.

#### (b) 天候のちがいによる紫外域日射散乱率

紫外域日射散乱率は,天候状況,特に雲量や,直射成 分を遮る雲の有無に支配されることが判明した.そこで, 「快晴の場合」と「快晴でない場合」の2つに大きく区 分して散乱率の平均値を算出した.後者については,薄 曇り,晴れ,及び曇りの場合が含まれる.結果を Table 3 と Table 4の下端に示す.

9.5~14.5hの「快晴の場合」と「快晴でない場合」の平 均散乱率,及びそれらの中の最小値は,(a)と同様に比較 種別を[UVB] と[D-UVB]に限定すると(()内は[D-UVB]),

UV\_DF\_R(Fine-Cloudy) = 0.8727 (0.8168) ---- from 9.5 to 14.5h

となった.南中時11.5hについても,同様に,

UV\_DF\_R(Clear) = 0.7419 ----- at 11.5h \*\* Min UV\_DF\_R(Clear) = 0.4790

UV\_DF\_R(Fine-Cloudy) = 0.8840 ----- at 11.5h

となった.このように,快晴の場合,南中時に日最低と なり,昼間の散乱率は最小で 0.48 程度,平均で 0.77 程度 となった.また,快晴ではなく直射光がある場合,昼間 の散乱率は平均で 0.87 となった.

しかし,ここでは比較種別を[UVB]と[D-UVB]に限定し たが,Table 3 及び Table 4 に認められるように,[TUV], [W(300-)]及び[D-TUV]は,[UVB]と[D-UVB]より 0.005~ 0.02(0.5~2%)程度,低い値を示した.これは,波長帯に より散乱率が異なることを示すものと考えられる.これ については(c) で後述する.また,上記の散乱率を個々に みると,5~7月に低く,10~12月に高い値を示す.これ は,太陽高度のちがいや,快晴の場合でも空気中の大気 混濁度のちがいに左右されるものと推定される.この点 については4.で後述する.

#### (c) 波長別紫外域日射散乱率

前項において、比較種別により散乱率が 0.5~2%程度異 なることが判った.例えば, Table 3:9.5~14.5hの AVG\_ALL における散乱率は(()内は[D-UVB]), UV\_DF\_R(TUV) = 0.7835 (0.7813) ----- from 9.5 to 14.5h UV\_DF\_R(UVB) = 0.8059 (0.7934) ----- from 9.5 to 14.5h

となり,長波長側の TUV の方が 1.2~1.7%程度低い.この傾向は「快晴の場合」でも「快晴でない場合」でも認められる.

いっぽう, Fig.4(c)の波長別紫外域日射散乱率では,ほ ぼどの時刻でも長波長側に低く(右下がりに)なっており, 散乱率が長波長側ほどより低いことを示している.300nm 以下(左側)の散乱率は,照度が低いため誤差が大きいが, 300nm から 325nm まではほぼ一定(ほぼ直線)で低下して いる.例えば,348 JD の 14h では,

UV\_DF\_R(300nm) = 0.98 ------ at 14h in 348day UV\_DF\_R(325nm) = 0.89 ------ at 14h in 348day

となり,低下率は約0.3%/nmと算出される.またこの 事実は,次項(d)で後述する長波長側の日射領域における 散乱率が,紫外域日射領域の散乱率よりかなり低いこと と同調する.

#### (d) 日射散乱率と紫外域日射散乱率

紫外域日射領域の散乱率(UV\_DF\_R)と,それより長波 長側の日射領域の散乱率(Solar\_DF\_R)を比較した.当台で は,BSRN 基準点として全天日射量(Global Solar Radiation), 散乱日射量(Diffuse Solar Radiation),直達日射量(Direct Solar Radiation)をはじめとする各種日射量・放射量の定常 観測を行っている.これらのデータは,紫外域日射量観 測とともに高い精度をもつものとして評価されている. そこでこれらのデータから,散乱紫外域日射観測時の日 射散乱率(Solar\_DF\_R)を算出した.全天日射量と散乱日射 量をそれぞれGLとDFとして(図中の単位を紫外域日射量 に対し 1/100 にした)Fig.4(a)の中に,日射散乱率を Fig.4(b)の中に,またそれらの値をTable 3 と Table 4 の中 にSolar としてまとめた.なお,散乱日射量はKipp & Zonen の CM21/960330,全天日射量は同様の CM22/0100248 (CM21/970366)による観測値である.

Fig.4(a)に示されるとおり,散乱日射量(Solar\_DF: 図中 の凡例では単に DF)の日変化は,散乱紫外域日射量 (UV\_DF)の日変化に比べ,早朝に増加が顕著となり,その 後南中時に向けて増加傾向がにぶくなる.南中以降,に ぶい減少傾向で推移し,夕方近くになって減少が顕著と なる.この一連の日変化のちがいは,Fig.4(b)でも顕著に 現れ,紫外域日射散乱率の日変化が南中時を最低とする ボール状(逆半円型)の凹型を呈するのに対し,日射散乱率 は洗面器型(逆台形型)の凹型を呈する.すなわち日射散乱 率は,紫外域日射散乱率に比べ,朝・夕の時間帯に急激 に増減する.これらの日射散乱率(Solar\_DF\_R)は(()内は Daily Total の場合),

Solar\_DF\_R(Clear) = 0.1938 (0.2177) ----- from 9.5 to 14.5h \*\* Min Solar\_DF\_R(Clear) = 0.1185 (0.1554)

Solar\_DF\_R(Fine-Cloudy) = 0.4747 (0.3619) -- from 9.5 to 14.5h

となり,南中時11.5hについても,同様に,

Solar\_DF\_R(Clear) = 0.1976 ----- at 11.5h \*\* Min Solar\_DF\_R(Clear) = 0.1029

Solar\_DF\_R(Fine-Cloudy) = 0.6990 ----- at 11.5h

となった.すなわち快晴日の紫外域日射散乱率は,日射 散乱率に対し,比較種別を[D-UVB] と[UVB]に限ると,

UV\_DF\_R(Clear) / Solar\_DF\_R(Clear)

= 3.51 ------ [D-UVB] = 3.97 ----- [UVB] from 9.5 to 14.5h = 3.75 ------ [UVB] at.11.5h

で,紫外域日射散乱率が約3.5~4倍高い結果となった.

#### (e) 太陽天頂角(ZA)を限定した紫外域日射散乱率

紫外域日射散乱率は,南中時に最低値をとり,また季節的には太陽高度の高い5~6月に低くなることが明らかとなった.そこで,観測時刻を太陽天頂角(Zenith Angle:以下 ZA と呼ぶ)に直し,再計算を行った.Fig.5 に,55 ペ ZA < 65 のデータを抽出し,Table 5 に(d)と同様,各種平均値を求めて示した.これにより,時刻や季節ごとの ZA に影響されない紫外域日射量を評価することができる. なお,当 ZA の範囲では 86 サンプルが取得できたが,時 刻制御(毎 00 分や毎 30 分)で観測を行ったので,サンプル 数は夏季に少なく,冬季に多くなる.ここでも比較種別 を[UVB]に限ると,

UV_DF_R(Clear) = 0.8246	$55 \ Caller ZA < 65$ °
** Min UV_DF_R(Clear) = 0.7263	

 $UV_DF_R(Fine-Cloudy) = 0.9354$  ----- 55 & ZA < 65 °

となった.また Fig.5 のとおり,日射散乱率には冬季に下がる季節的傾向が認められたが,紫外域日射散乱率については,その傾向が小さかった.

いっぽう,快晴日の同じZAにおける日射散乱率は,



Fig. 2 Results of frame effect test by global UV irradiance comparison #058 (with Frame) vs #052 (Normal) on the rooftop in 363 day, 2003.

- (a) Total irradiance (µ W / m<sup>2</sup>), TUV: total irradiance from 290 to 325nm, UVB: total irradiance from 290 to 315nm.
- (b) [TUV]: irradiance ratio of #058 / #052 for TUV, [UVB]: irradiance ratio of #058 / #052 for UVB, [W(TUV)]: arithmetic mean of individual irradiance ratio #058 / #052 at each wavelength spacing 0.5nm from 290 to 325nm, [W(UVB)]: same as [W(TUV)] for the interval 290-315nm, [W(300-)]: same as [W(TUV)] for the interval 300-325nm.
- (c) Spectral irradiance ratio #058 / #052 from 290 to 325nm every 30 minutes.
- (d) Spectral irradiance (( $\mu$  W / ( $m^{2*}nm$ )) of #058(right) and #052(left) from 290 to 325nm every 30 minutes.



Fig. 3 Examples of the normal comparison results of global UV irradiance between Brewer #058 and Brewer #052(#113) on the rooftop from June to December 2004.

Both of the instruments were at normal positions. Quantities (a) – (d) are as same as Fig. 2. Instrument #052 was replaced by #113 sporadically.



Fig. 4 Examples of the comparison results between diffuse UV irradiance by Brewer #058 and Quantities  $(\mathbf{a}) - (\mathbf{d})$  are as same as Fig. 2. Instrument #052 was replaced by #113 sporadically. Charts  $(\mathbf{a}) - (\mathbf{b})$  and global solar radiation by Pyranometer CM22/0100248 (CM21/970366). "DF" and "GL" in  $(\mathbf{a}) - (\mathbf{b})$ 



global UV irradiance by Brewer #052(#113) on the rooftop from June to December 2004.

also indicate the comparison results between diffuse solar radiation by Pyranometer CM21/960330 denote diffuse and global solar radiations ((W /  $m^2$ )/10<sup>4</sup>), respectively.

- Table 1Irradiance ratio of #058 (with Frame: global) to #052(#113) (normal: global).
- Table 2 Irradiance ratio of #058 (global) to #052(#113) (global) as "AVG" from 9.5 to 14.5h JST and "Daily Total".
- Table 3 Irradiance ratio of #058 (diffuse) to #052(#113) (global) as "AVG" from 9.5 to 14.5h JST and "Daily Total".
- Table 4 Irradiance ratio of #058 (diffuse) to #052(#113) (global) at 11.5h JST.
- Table 5 Irradiance ratio of #058 (diffuse) to #052(#113) (global) at ZA=55 ° 65 °.

[TUV], [UVB], [W(TUV)], [W(UVB)] and [W(300-)] are explained in Fig. 2. [D-TUV] and [D-UVB] indicate daily total ratios. "Solar" in Tables 3-5 denote irradiance ratio of diffuse to global solar radiation by Pyranometer.

Table 1: Frame Tes	<u>st = Frame</u>	#058 / No	rmal #052	from 9.5 t	o 14.5 JST			<u> </u>			
Julian Day	(T11)/1		G (9.5-14.		IW/200 \1			Daily Lotal		W e	ather
363	0 9952	1 0005	1 0 0 0 3	1 0040	1 0032		0 9957	1 0009		Clear	Fine
	0.0002	1.0000	1.0000	1.0040	1.0002		0.0001	1.0000		Oloui	T IIIC
Table 2: Normal Co	omparison =	= GL #058	/ GL #052	(#113) fro	om 9.5 to 14	.5 JST					
		A۱	G (9.5-14.	5 JST)				Daily Total		We	eather
Julian Day	[TUV]	[UVB]	[W(TUV)]	[W(UVB)]	[W(300-)]		[D-TUV]	[D-UVB]		AM	PM
168	0.9862	1.0029	1.0129	1.0266	1.0053		0.9861	1.0034		Clear	Clear
308	0.9945	1 0020	1 0031	1 0082	1.0020		0.9954	1.0025		Fine	Fine
309	0.9960	1.0055	1.0037	1.0085	1.0041		0.9972	1.0053		Clear	Clear
311	1.0002	1.0083	1.0037	1.0075	1.0083		0.9996	1.0079		Fine	Fine
321	0.9862	0.9989	1.0029	1.0127	1.0014		0.9887	0.9992		Slightly C.	Slightly C.
330	0.9860	0.9999	0.9952	1.0014	1.0008		0.9864	0.9986		Clear	Clear
333	0.9862	0.9998	0.9959	1.0021	0.9998		0.9877	1.0001		Clear	Clear
330	0.9919	0.9915	0.9851	0.9860	0.9932		0.9914	0.9919		Clear	Clear
351	0.9878	0.9954	0.9975	1.0016	0.9991		0.9905	0.9979		Clear	Clear
353	0.9999	1.0063	1.0070	1.0109	1.0075		0.9999	1.0051		Fine	Clear
AVG_ALL	0.9908	1.0020	1.0031	1.0102	1.0031		0.9915	1.0020			
T	D.E. #050										
I able 3: UV_DF_R :	= DF #058	/GL #052(	#113) fro	m 9.5 to 14	4.5 JSI			Daily Tatal		147 -	othor
Julian Dav			(9.5-14. [W(TII\/)]	[W(  \/R\1	[W(300-)]	Solar	יעווד-חו		Solar	ΔM VV 6	PM
157	0.5027	0.5186	0.5171	0.5262	0.5141	0.1185	0.5542	0.5561	0.1534	Clear	Clear
167	0.6262	0.6448	0.6544	0.6690	0.6403	0.1775	0.6672	0.6737	0.2112	Clear	Clear
183	0.6622	0.6756	0.6895	0.7028	0.6773	0.3367	0.6352	0.6378	0.3535	Fine	Slightly C.
184	0.5648	0.5847	0.5881	0.6004	0.5813	0.1725	0.6087	0.6171	0.2042	Clear	Clear
186	0.6500	0.6743	0.6854	0.7035	0.6680	0.2303	0.6897	0.7040	0.2736	Clear	Clear
207	0.8067	0.8183	0.8401	0.8542	0.8277	0.5027	0.8345	0.8401	0.5557	Cloudy	Fine
303	0.7794	0.8074	0.8090	0.8262	0.8016	0.1967	0.6554	0.6591	0.2123	Clear	Clear
314	0.9046	0.9321	0.9329	0.9491	0.9271	0.4024	0.9039	0.9251	0.2334	Clear	Clear
315	0.9150	0.9380	0.9313	0.9423	0.9355	0.4768	0.9163	0.9349	0.4929	Fine	Slightly C.
318	0.9142	0.9400	0.9460	0.9643	0.9400	0.7500	0.8745	0.8994	0.4945	Fine	Cloudy
327	0.8168	0.8459	0.8486	0.8667	0.8447	0.1994	0.8170	0.8371	0.2171	Clear	Clear
338	0.8426	0.8666	0.8610	0.8719	0.8641	0.2426	0.8392	0.8531	0.2521	Clear	Clear
341	0.7766	0.8051	0.8024	0.8169	0.8027	0.1430	0.8449	0.8659	0.1554	Clear	Clear
343	0.8448	0.8654	0.8586	0.8673	0.8665	0.2261	0.8484	0.8603	0.2418	Clear	Clear
349	0.9521	0.9682	0.9514	0.9528	0.9641	0.6771	0.9509	0.9669	0.2037	Fine	Clear
352	0.8044	0.8329	0.8190	0.8282	0.8315	0.1795	0.8093	0.8258	0.2002	Clear	Clear
356	0.8085	0.8363	0.8289	0.8410	0.8351	0.1769	0.8143	0.8309	0.1928	Clear	Clear
362	0.8483	0.8692	0.8656	0.8757	0.8729	0.2190	0.8516	0.8640	0.2401	Clear	Fine
AVG ALL	0.7835	0.8059	0.8058	0.8185	0.8041	0.2921	0.7813	0.7934	0.2970		
AVG_Clear	0.7466	0.7700	0.7690	0.7818	0.7674	0.1938	0.7546	0.7648	0.2177		
AVG_FINE-Cloudy	0.6519	0.6727	0.8743	0.8867	0.8724	0.4747	0.8031	0.0100	0.3019 Solar: Sola	ar radiation	
Table 4: UV DF R	= DF #058	/GL #052	(#113) at	11.5 JST					<b>001a1</b> . 0018	in radiation	
			11.5 JST						11	5 JST	
Julian Day	[TUV]	[UVB]	[W(TUV)]	[W(UVB)]	[W(300-)]	Solar			Cloud	VIS(Km)	ds Ozone
157	0.4592	0.4790	0.4817	0.4952	0.4760	0.1029		3.3	1	20	323
167	0.5980	0.6160	0.6186	0.6300	0.6087	0.1731		4.7	0	15	363
183	0.0580	0.6755	0.0000	0.7040	0.6700	0.3210		1.5	9	12	306
186	0.6386	0.6614	0.6691	0.6861	0.6549	0.2306		6.1	0	15	295
207	0.8462	0.8180	0.8465	0.8353	0.8473	0.4934		-	8	10	320
303	0.7027	0.7341	0.7214	0.7349	0.7237	0.1687		3.4	0	20	264
310	0.7473	0.7749	0.7805	0.7996	0.7682	0.1948		3.7	- 1	15	266
314	0.8457	0.8664	0.8701	0.8843	0.8647	0.3202		5.1	0	10	276
315	0.9080	0.9290	0.9323	0.9468	0.9257	0.4828		7.3	1	6	259
310	0.9590	0.7000	0.8080	0.8346	0.9875	0.9934		3.4	- 1	20	256
338	0.7740	0.8038	0.7786	0.7842	0.7991	0.1951		3.3	-1	20	276
341	0.7030	0.7359	0.7526	0.7791	0.7315	0.1099		2.4	0	100	297
343	0.8059	0.8270	0.8156	0.8224	0.8264	0.1996		3.4	- 1	12	277
348	-	-	-	-	-	0.1590		3.2	0	20	265
349	1.0058	1.0419	0.9853	0.9805	1.0079	0.9876		-	10	40	284
352	0.7382	0.7712	0.7430	0.7487	0.7704	0.1531		2.8	0	80	311
362	0.7414	0.8139	0.7951	0.8222	0.7686	0.1394		2.0	0	30	200
AVG ALL	0.7481	0.7718	0.7730	0.7872	0.7671	0.2979		4.1	1.6	32	291
AVG_Clear	0.7163	0.7419	0.7434	0.7592	0.7375	0.1976		3.9	- 0.1	31	288
AVG_Fine-Cloudy	0.8674	0.8840	0.8841	0.8924	0.8782	0.6990		-	8.5	36	303

Table 5: UV.DF.R = DF #058 /GL #052(#113) at ZA=55-65												
			Z_angle= 55-65					Z_angle= 55-65				
	[Z_angle]	Sample	[TUV]	[UVB]	[W(TUV)]	[W(UVB)]	[W(300-)]	Solar		Cloud	VIS(Km)	ds Ozone
AVG_ALL	60.44884	86	0.8211	0.8465	0.8428	0.8557	0.8446	0.2797	3.6	1.0	41	286
AVG_Clear	60.49565	69	0.7983	0.8246	0.8222	0.8363	0.8229	0.1978	3.3	-0.2	42	285
AVG_Fine-Cloudy	60.25882	17	0.9134	0.9354	0.9261	0.9345	0.9328	0.6124	5.2	6.1	34	289

Solar\_DF\_R(Clear) = 0.1978 ----- 55 & ZA < 65 °

となった.したがって,快晴日における 55 % ZA < 65 ℃ 紫外域日射散乱率は,日射散乱率に対し,

 $UV_DF_R(Clear) / Solar_DF_R(Clear) = 4.16 ---- 55 \& ZA < 65 \degree$ 

となり,4倍以上の高い散乱率であることが明らかとなった.この値は,(d)に示された値より若干高い.これらの ZAに関する解析については後述する.

#### 4.紫外域日射散乱率についての若干の考察

今回の観測によって得られた紫外域日射散乱率につい ては、ほぼ同じ高度角特性を持った測器を使用している ため、散乱率として解析する場合、測器固有の高度角特 性による誤差はほぼ相殺されていると考えてよい.しか し、観測照度(絶対値)を議論する場合や,ZAが70以下の 紫外域日射散乱率を議論する場合には、数%~数十%の補 正を考慮しなければならない.これらについては、伊藤 (2002,2003)に詳しい.

以上を踏まえて,本項では紫外域日射散乱率や日射散 乱率について,(1) 太陽天頂角,(2) 日射散乱率,(3) 視 程,(4) 大気混濁度,(5) 雲量の関連要素との関係を調査 した.これらの調査では,a) 全データ,b) 快晴時(雲量0, 0+,1)かつ太陽面を遮蔽する雲がない場合のデータ,c) 太 陽天頂角 55 % ZA < 65 °,の場合に分けて解析を試みたが, 本項ではそれらの中で特徴の顕著な結果を取り上げた.

#### (1) 太陽天頂角 (ZA)

3.3(e)で前述したように,55 ℃ ZA < 65 の天頂角帯に おける紫外域日射散乱率は,日射散乱率に対し4倍以上 の高い値を示すことが明らかとなった.そこで紫外域日 射散乱率や日射散乱率の全てのZAによる変化について 解析した.その結果をFig.6に示す.

Fig.6(a)は快晴でしかも太陽面を雲が覆わない場合であ るが,紫外域日射散乱率の分布領域と,日射散乱率の分 布領域は明瞭に区分される.雲量が増大する場合は DF/GL=1 に近づくので,図中の分布範囲の下限線が,そ れぞれの理想的な快晴下における散乱率となる.

また,日射散乱率は ZA=70 以下ではほぼ一定であるが ZA=70 を越えると急激に増大する.これに対し紫外域日 射散乱率は,ZA=30 から徐々に増加し,ZA=75 ℃なると 既に横ばい(1.0)となってしまう.すなわち,両散乱率の差 は,ZA=50~70 で最大となり,それ以上でもそれ以下で も小さくなる.また,図中に 157 JD (157day:夏季の例)



Fig. 5 Seasonal trends of irradiance ratio of diffuse UV(solar) to global UV(solar) radiation by Brewers and Pyranometers in  $55 \ \text{< ZA} < 65 \ \text{, } 2004.$ 

[TUV], [UVB] and [W(300-)] are explained in Fig. 2. The meaning of "Solar" is given in Tables 1 - 5.

と 343 JD (343day: 冬季の例)の値を線で表示したが, この 場合にはお互いにほぼ連続する. なお ZA=70 以上では, 測器固有の高度角特性の影響が含まれるので注意が必要 である.

#### (2) 日射散乱率

(1)では,ZA毎の日射散乱率と紫外域日射散乱率の分布 域が異なった.そこでそのちがいをより明瞭にするため, 快晴の場合の両者の関係を調べ,Fig.6(b)に示した.

図に示されるとおり,紫外域日射散乱率は日射散乱率 に比べ非常に高い値を示す.日射散乱率が0.1のときに紫 外域日射散乱率は0.5以上,同様に0.4のときに0.9以上 となる.日射散乱率が0.5のとき,紫外域日射散乱率は既 に限界の1.0付近の値をとる.晴れや曇りのときの分布は, これらの分布域よりさらに上域となり,紫外域日射散乱 率がより高くなる.

図中の分布について,夏季(June ~ July)と秋冬季(October ~ December)に区分し,それら2分布の近似曲線を求めた. 下側の曲線が夏季,上側が秋冬季である.夏季には両散 乱率の差は狭まるが,秋冬季には両散乱率の差が広がる ことになる.すなわち,秋冬季の紫外域日射散乱率は, 夏季のそれに比べ,日射散乱率との関係がより弱くなる.

(3) 視程(Vis)

Fig.6(c)に,全データの中で 55 % ZA < 65 の天頂角帯に おける紫外域日射散乱率や日射散乱率と視程 Vis の関係を 要素毎([TUV],[UVB],[W300-],[Solar])に示す.

図に示すとおり,どの要素でも視程がよくなればなる ほど散乱率は低下する.また近似曲線で示されるように,



Fig. 6 Dependence of the irradiance ratios of diffuse UV(solar) to global UV(solar) radiation on some factors; (a) zenith angle, (b) irradiance ratios of diffuse to global solar radiation, (c) visibility(Vis), (d-1) & (d-2) atmospheric turbidity (-), and (e) cloud amount.

(a) and (b) : clear sky (cloud amount = 0, 0+, 1), (c), (d-2) and (e) : 55 & ZA < 65 & ZA, (d-1) : all data.

に要素の散乱率は[UVB]> [TUV]>> [Solar]の順序でほぼ 平行して低下し,長波長域の太陽スペクトルほど視程に 対する散乱率が低下している.さらに,散乱率の視程に 対する低下の程度は,視程 30km 付近までは急に低下する ものの,それより視程がよくなればほぼ一定(ほぼ直線状) の割合で低下する.この低下の程度は,紫外域日射散乱 率の場合 10km 当たり 0.0066,日射散乱率の場合 0.012 と なり,紫外域日射散乱率は日射散乱率の低下の程度の約 1/2 となっている.

## (4) 大気混濁度()

-般に大気混濁度が大きくなれば,散乱率は増加する と予想される.そこで紫外域日射散乱率や日射散乱率と, 大気混濁度 との関係について,全データを使用した結 果を Fig.6(d-1)に,55 % ZA < 65 のデータを使用した結果 を Fig.6(d-2)に示す.また Fig.6(d-2)には,(3)と同様,各要 素の近似曲線を付け加えた.

Fig.6(d-1)に認められように,日射散乱率の分布は右上

がりの形状(増加傾向)を示すが,紫外域日射散乱率につい てはその傾向が明瞭ではない.いっぽう Fig.6(d-2)では, 紫外域日射散乱率にも右上がりの傾向が示されてはいる が,日射散乱率のそれに対し傾斜が非常に緩やかとなっ ている.すなわち,紫外域日射散乱率は,大気混濁度が 大きくなればなるほど増加するが,その度合いは日射散 乱率に比べ小さい.

なお Fig.6(d-2)では,(3)と同様,各要素の散乱率は [UVB]>[TUV]>> [Solar]の順序で低く,長波長域の太陽ス ペクトルほど散乱率が低くなっていることを示している.

(5)

Fig.6(e)に,55 % ZA < 65 の天頂角帯における紫外域日 射散乱率や日射散乱率と雲量との関係を要素毎([TUV], [UVB],[W(300-)],[Solar])に示す.図では,雲量0を-1, 0+を0,10-を10として表現した.なお雲量10の場合の データはない.

図に示すとおり,雲量が多くなればなるほど,両散乱

率は増加する.しかしその増加傾向は,紫外域日射散乱 率の場合と日射散乱率の場合とでは大きく異なる.紫外 域日射散乱率の場合, 雲量4までは散乱率 0.8~0.9 でほ ぼ一定(若干の右上がり),雲量7以上になるとほぼ散乱率 限界の 1.0 となる.いっぽう日射散乱率の場合,雲量1ま ではほぼ一定で散乱率 0.2 程度, 雲量が3を越えると急激 に増加に転じるが, 雲量 10 になってようやく散乱率限界 の 1.0 に近づく. すなわち,日射散乱率は雲量により大き く支配されるが、紫外域日射散乱率はそれほど大きく変 化しないことが明らかとなった.

#### 5.まとめ

本稿では、ブリューワー分光光度計用簡易型遮蔽装置 を製作し、高精度な比較観測を行うことにより散乱波長 別紫外域日射の観測を試みた.またそのデータから紫外 域日射散乱率を求め,日射散乱率や大気混濁度等との関 係を調べた.これらの結果は以下のとおりである.

- (1) 簡易型遮蔽装置を製作し, Brewer #058 を散乱波長別 紫外域日射観測装置とした.また,基準器#052(#113) との比較観測により,装置のフレーム部分が天空開放 度に影響を及ぼさないこと,#058の観測精度が基準 器に対し誤差±1%以内であることを確認した.
- (2) 散乱波長別紫外域日射の観測を5~12月の主に快晴状 況下で実施し,20例について解析した.
  - a) 紫外域日射散乱率は,南中時に最小となる日変化を 示し, 9.5~14.5h で約 0.81(南中時:約 0.77)となっ た.また,快晴の場合に限ると 9.5~14.5h で約 0.77(南中時:約 0.74),快晴以外で直射光がある場 合には約 0.87(南中時:約 0.88)となった.
  - b) 紫外域日射散乱率を波長別にみると,長波長域ほど 低い値を示し,その低下率は約 0.3%/nm となる. この傾向と,日射散乱率が紫外域日射散乱率より相 当低い値を示す事実により,地上到達太陽スペクト ルの散乱率は,長波長域ほど低いことが示唆される.
  - c) 散乱日射量は朝夕に急激に増減するが,散乱紫外域 日射量は徐々に増減する.また快晴の場合,日射散 乱率は 9.5~14.5h で約 0.19(南中時:約 0.20)となり, 紫外域日射散乱率は日射散乱率より約 3.5~4 倍高 い値となる.
  - d) 太陽天頂角 ZA を限定した場合,55 % ZA < 65 ℃お ける快晴日の紫外域日射散乱率は 0.82,日射散乱率 は 0.20 となり 両者のちがいは 4 倍以上となった. また,日射散乱率は夏季から秋冬季に向け減少する が,紫外域日射散乱率のそれは弱いものであった. BSRN (2002): BSRN 7th Report. WCRP/BSRN, 53pp.

- (3) 紫外域日射散乱率や日射散乱率を左右すると考えら れる各種要素との関係を調査した.
  - a) 太陽天頂角との関係において,日射散乱率は Z=70° 以下でほぼ一定,Z=70 を越えると急増する.これ に対し紫外域日射散乱率は,Z=30 以上で徐々に増 加し, Z=75 でほぼ散乱率限界の 1.0 となる.
  - b) 日射散乱率との関係では,紫外域日射散乱率は前者 に比べて高く,日射散乱率が0.1のとき0.5以上, 同様に 0.4 のとき 0.9 以上, 0.5 のときには限界の 1.0 付近の値となる.また,この関係には季節変化 が認められる.
  - c) 視程がよくなれば,日射散乱率,紫外域日射散乱率 ともに減少するが、その減少傾向は日射散乱率のほ うがより顕著である.
  - d) 大気混濁度が大きくなると,日射散乱率,紫外域日 射散乱率ともに増加するが,その増加傾向は日射散 乱率の方がより顕著である.
  - e) 雲量が多くなれば日射散乱率,紫外域日射散乱率と もに増加するが、その増加傾向は大きく異なり、紫 外域日射散乱率は雲量4まではほぼ一定,雲量7以 上で限界の 1.0 付近に達する.

以上のように,紫外域日射散乱率は日射散乱率に比べ て数倍高い値を示し,日変化や季節変化も異なること, また,大気混濁度や雲量に支配される程度の低いことが 明らかとなった.

今回の精確な観測により,基本的な紫外域日射の散乱 成分の挙動をほぼ明らかにすることができた.しかし, 当装置は手動型であるためデータ数に限界があり,今後 自動遮蔽装置による定常観測を実現させる必要がある. これにより,詳細な季節変化等を把握することができる. なお、当観測値を用いた Brewer の ss-観測用常数校正方法 については,紙面の都合で省略したので別稿に譲りたい.

#### 辞

本稿を草するに際し、気象研究所気象衛星・観測シス テム研究部の廣瀬保雄主任研究官には数々のご助言を賜 った.また,当装置の開発では(株)プリードの古賀陽庸氏 と辻 智章氏にお世話になった.全天・散乱日射量のデ - タは,当課の長井勝栄研究官に提供していただき,遮 蔽作業の一部は高野松美研究官に助けていただいた.こ れらの方々に厚くお礼申し上げます.

#### 引用文献

- 伊藤朋之・上野丈夫・梶原良一・下道正則・上窪哲郎・ 伊藤真人・小林正人(1991):地上到達紫外線量の監視技 術の開発 - オゾン層変化に伴う地上到達紫外線量の変 化のスペクトル観測による評価 - .研究時報,43,213 -273.
- 伊藤真人・能登美之・宮川幸治・上野丈夫(2000):ブリュ
   ーワー分光光度計の感度監視体制と感度変化.高層気
   象台彙報, 60, 45 56.
- 伊藤真人・宮川幸治(2001):二重分光光度計 MKIII による 紫外域日射観測.高層気象台彙報, **61**, 5 - 28.
- 伊藤真人(2002):新型 NIST ランプ検定装置の開発と紫外 域日射観測装置(ブリューワー分光光度計)の高度角・方 位角特性.高層気象台彙報, **62**, 53 - 66.
- 伊藤真人(2003): 全天型(広帯域)紫外域日射計の高度角・ 方位角特性.高層気象台彙報, **63**, 41 - 50.
- 伊藤真人・宮川幸治(2003):カナダ MSC における波長別 紫外域日射観測装置の国際測器相互比較 2002 年.高層 気象台彙報, **63**, 1 - 12.
- 伊藤真人・Vladimir Savastiouk・Michael Brohart(2003): ブ
   リューワー分光光度計用分光常数校正装置の開発と手
   法.高層気象台彙報, 63, 31 40.

伊藤真人(2004): ブリューワー分光光度計を利用した地面

反射波長別紫外域日射観測装置の開発と観測.高層気 象台彙報,64,19-34.

- Kipp & Zonen (1999) : Brewer MKIII spectrophotometer operator's manual, OM-BA-C231 Rev B *Kipp & Zonen Inc, Canada*, 135pp .
- Kipp & Zonen (2001) : Brewer ozone spectrophotometer final test record, serial #174, Doc# am-ba-c05 Rev D . *Kipp & Zonen Inc, Canada*, 75pp .
- 気象庁(1993):紫外域日射観測指針.気象庁,83pp.
- 高層気象台観測第三課(1996):日射・放射資料集.気象庁 高層気象台,196pp.
- Ohmura, A. (2002): Examination of shading mechanism for diffuse sky irradiance measurement for the BSRN use.
  Report for the seventh BSRN science and review workshop, WCRP Informal Report No.18/2002, Annex 3 to Diffuse Geometry WG Report, 4pp .
- Philipona, R. (2002) : Underestimation of solar global and diffuse radiation measured at Earth's surface. J. Geophys. Res., 107, D22, ACL 15-1 7.
- WMO(1996) : Guide to meteorological instruments and methods
  of observation. WMO, No.188, I.7-1 I.7-20.
- WMO (1998) : Guidelines for site quality control of UV monitoring. WMO/GAW, No.126, 47pp .