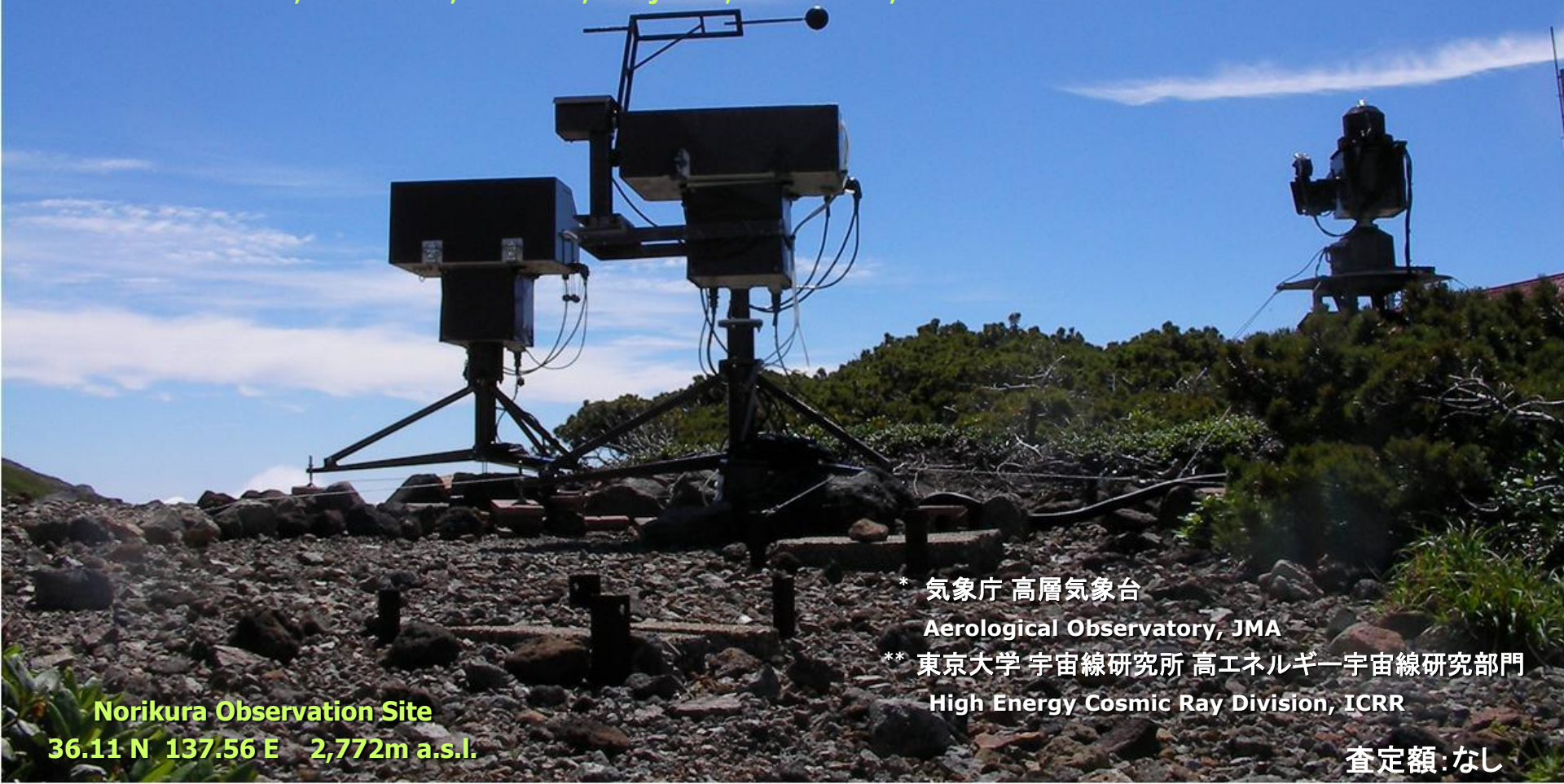


# 乗鞍岳におけるブリュワー分光光度計を使用した オゾン・紫外線の観測 2014年

Observations of total ozone and UV solar radiation  
with Brewer spectrophotometer on the Norikura mountains in 2014

伊藤真人\*・上里 至\*・能登美之\*・居島 修\*・瀧田正人\*\*・下平英明\*\*・石塚秀喜\*\*

M. Ito \*, I. Uesato \*, Y. Noto \*, O. Ijima \*, M. Takita \*\*, H. Shimodaira \*\* and H. Ishitsuka \*\*



\* 気象庁 高層気象台

Aerological Observatory, JMA

\*\* 東京大学 宇宙線研究所 高エネルギー宇宙線研究部門

High Energy Cosmic Ray Division, ICRR

Norikura Observation Site

36.11 N 137.56 E 2,772m a.s.l.

査定額:なし

# 経緯

## ◆ ブリュウワー分光光度計 (Brewer Spectrophotometer)

<アジア地区校正センター WMO/RBCC-A (Regional Brewer Calibration Centre, Asia) > .... 設立の要望

➡ 国内で  $O_3 \cdot SO_2$  観測用常数の校正 (絶対検定) や 高精度UV観測 が可能？

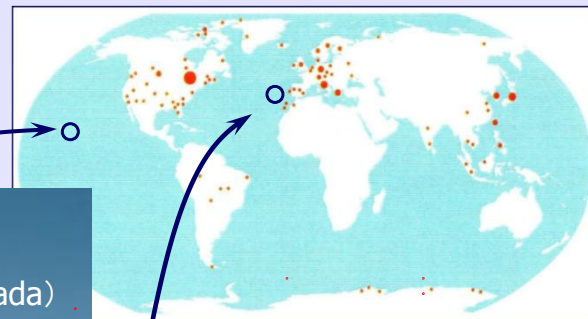
## ◆ 世界的に <高地の $O_3$ ・波長別UV量> ..... 詳細は判っていない

➡ 紫外線予測・気候モデルの高精度化、健康への影響



### 2009 年～ 乗鞍観測所

36.11N 137.56E 2,772m (測器受光面)



### 常数校正 (絶対検定) の条件

- ・ 中～低緯度の高地
- ・ 汚染物質、エアロゾル等なし
- ・ 快晴日が多い
- ・ 天空開放度が良
- ・ 雷、風の影響を受けにくい
- ・ 測器搬入可能
- ・ 電源施設等

**Mauna Loa 世界準器の校正**  
19.53N 155.58W 3,397m  
(WMO/WBCC世界校正センター EC, Canada)



Photo. by Mr. T. Grajnar, MSC.

### Brewer Network

アジア地区の測器数 → 約50  
世界の測器数 → 220以上

### アジア諸国保有台数

日本 (18) 中国 (9) 韓国 (5)  
インド (5) 台湾 (3) ベトナム (3)  
タイ (2) インドネシア (2) イラン (1)  
マレーシア (1) ネパール (1)  
フィリピン (1) UAE (1)

## 研究目的

乗鞍において

- ①  $O_3 \cdot SO_2$ ・波長別UV量 → 高精度観測
- ②  $O_3 \cdot SO_2$  観測用常数 → 校正 (絶対検定)
- ③ 各種測器や点検装置 → 作動試験
- ④ 自然環境 (日射量等) → 概要を把握

**WMO/RBCC-E ヨーロッパ地区校正センター**  
**Izaña Observatory, Spain**  
28.29N 16.49W 2,367m



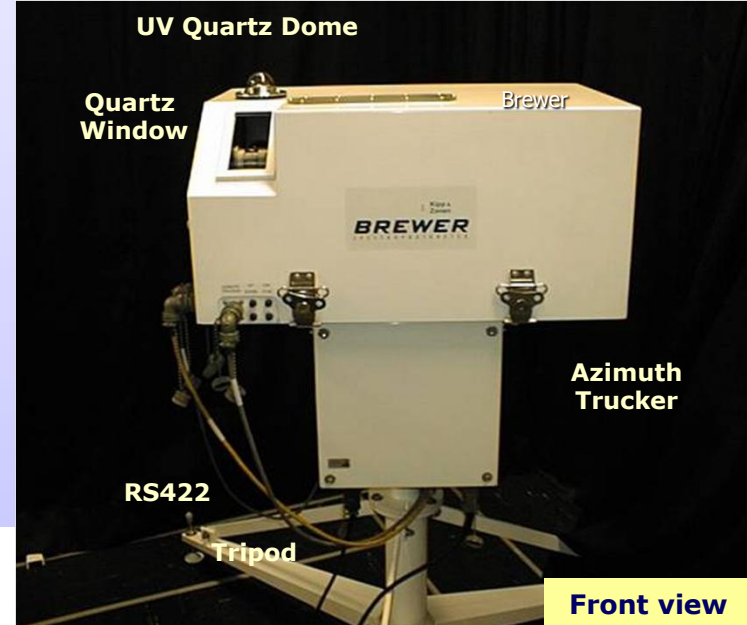
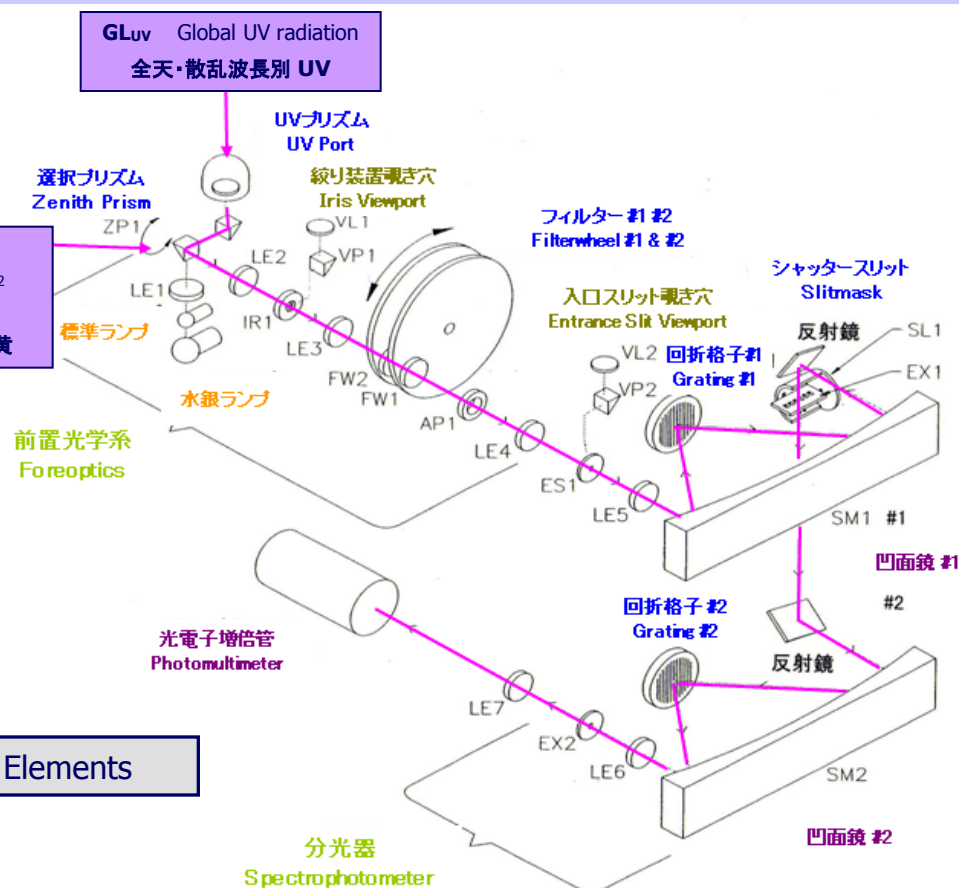
Photo. by Dr. A. Redondas, RBCC-E



# ブルーワー分光光度計 MKIII

## <観測の種類>

- ◆ 全天・散乱波長別UV量 (全天 $GL_{UV}$ ・散乱 $DF_{UV}$ )  
波長 290.0 - 325.0 / 0.5nm or 波長 286.5 - 363.0 / 0.5nm
- ◆ 直射光観測による オゾン全量・二酸化硫黄全量( $ds\ O_3 \cdot ds\ SO_2$ )
- ◆ 天頂光観測による オゾン全量・二酸化硫黄全量( $zs\ O_3 \cdot zs\ SO_2$ )
- ◆ 月光観測による オゾン全量・二酸化硫黄全量( $fm\ O_3 \cdot fm\ SO_2$ )
- ◆ 反転観測による オゾン鉛直分布(UM)



## <測定仕様>

Optics : modified Ebert spectrometer  
 Optical resolution : 0.6nm  
 Grating : 3600 grooves  $mm^{-1}$   
 Wavelength precision : 0.005nm  $step^{-1}$   
 Azimuth tracking resolution : 0.02°  $step^{-1}$   
 Zenith tracking resolution : 0.13°  $step^{-1}$   
 Power : 120/240VAC 2A 50/60Hz  
 Interface : RS422



## 乗鞍における 6年間(2009 ~ 2014)の観測データ

|      |                                    |            | June |    |    | July |    |   |   |   |   |   |   |   |   | August |    |    |    |    |    |    |    |    |    | September |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|------|------------------------------------|------------|------|----|----|------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|----|---|-------|---|---|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--|
|      |                                    |            | 26   | 27 | 28 | 29   | 30 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9      | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19        | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7     | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15      | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 1 | 2 |  |
| Year | Obs.                               | Inst.      |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   | Total |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| 2009 | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#113     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |       |   |   |    |    |    |    |    | 12 (16) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Calibration                        | BR#174     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |       |   |   |    |    |    |    |    | 12 (16) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar                              | CM21/CH1   |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |       |   |   |    |    |    |    |    | 12      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| 2010 | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#113     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 30 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Calibration                        | BR#174     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 30 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar                              | CM21/CH1   |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 30 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| 2011 | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#060     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 75 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Calibration                        | BR#174/113 |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 16 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar                              | CM21/CH1   |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 16 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| 2012 | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#060     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 62 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Calibration                        | BR#174/113 |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 16 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar                              | CM21/CH1   |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 47 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| 2013 | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#060     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 70 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Calibration                        | BR#174/113 |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 16 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar                              | CM21/CH1   |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 70 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| 2014 | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#060     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 63 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Calibration                        | BR#174/113 |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 14 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar                              | CM21/CH1   |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 79 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | UV/O <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> | BR#052     |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 45 |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|      | Solar Spec                         | MS710      |      |    |    |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | 7  |   |       |   |   |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |

Observation (UV/O3/SO2)

Calibrations

Observations (Solar Radiation)

## ◆ ブリュウワー分光光度計 &lt;Brewer Spectrophotometer&gt;

定常 BR#060・準器 BR#174・移動準器 BR#113・鈴蘭BR#052

**O<sub>3</sub>・SO<sub>2</sub>** ..... 直射光オゾン・二酸化硫黄全量  
Direct sun total O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub>

**UV (GL<sub>UV</sub>・DF<sub>UV</sub>)** ..... 全天・散乱波長別 UV量  
Global and diffuse UV radiations  
290.0-325.0nm (286.5-363.0nm)

## ◆ 全天日射計・直達日射計 &lt;CM21・CH1&gt;

## Solar ( $GL_{SL} \cdot DF_{SL} \cdot DR_{SL}$ )

..... 全天・散乱・直達日射量・大気混濁度

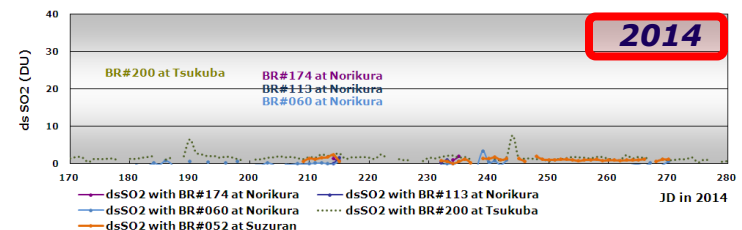
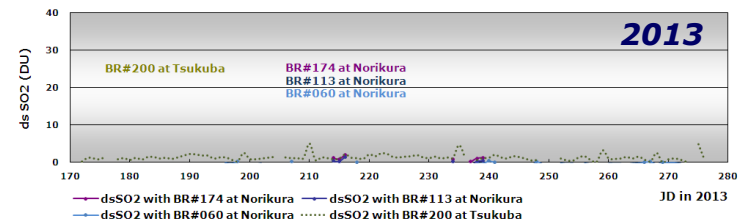
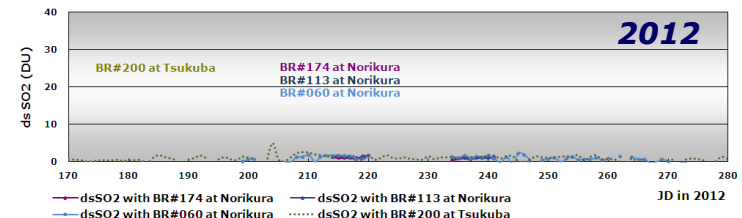
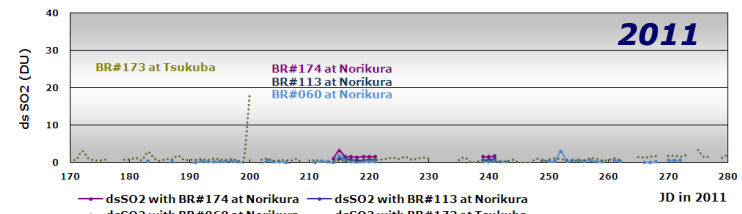
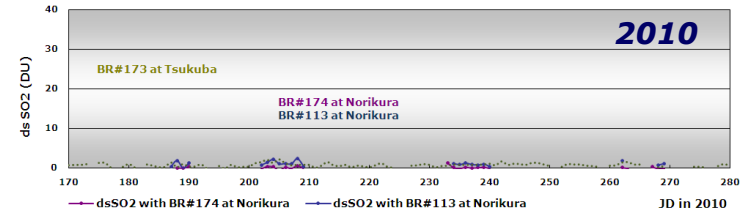
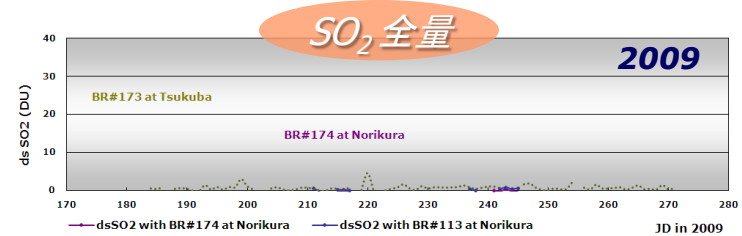
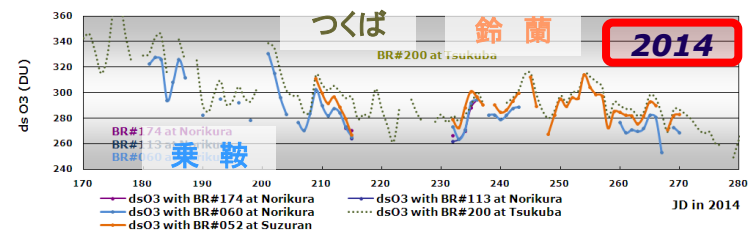
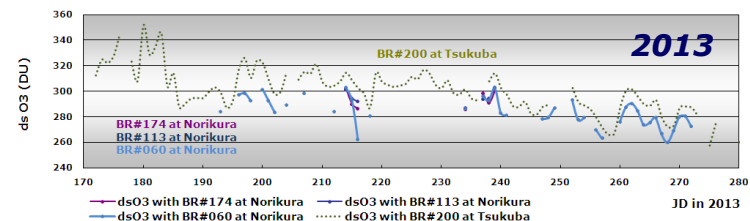
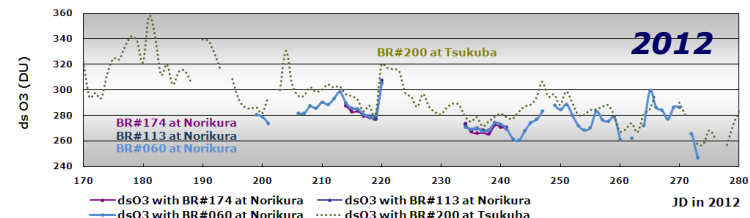
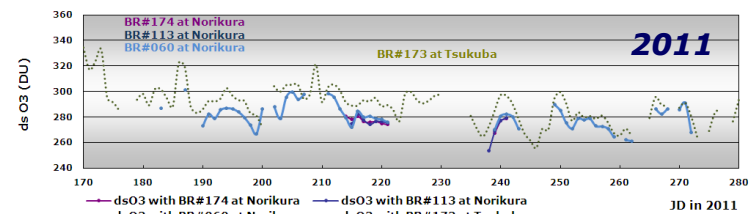
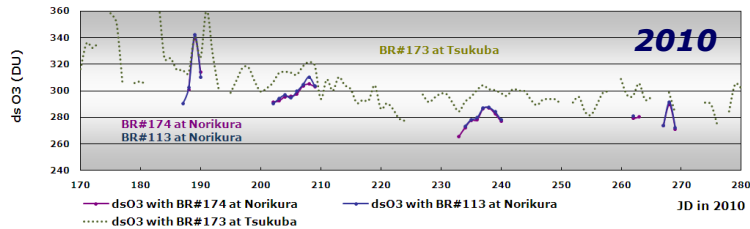
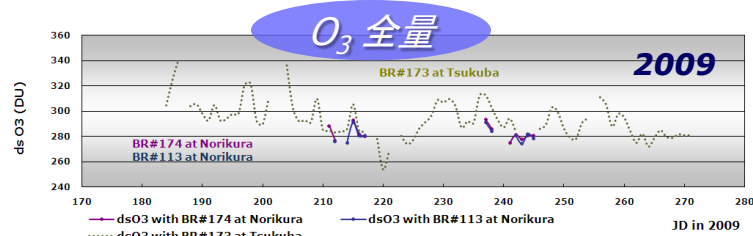
## Global, Diffuse and Direct solar radiations/ Turbidity

(分光日射計 <MS710> .....全天波長別可視域日射量

Global solar radiation 350-1000nm)



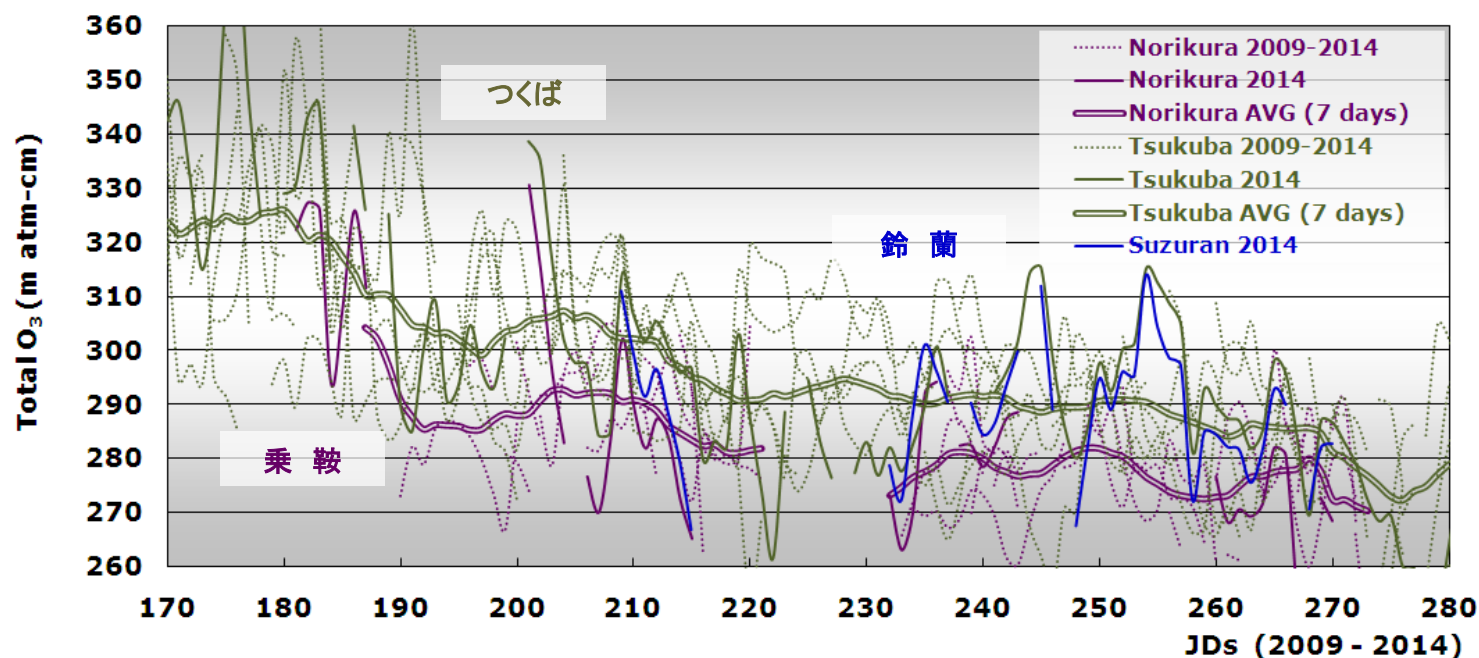
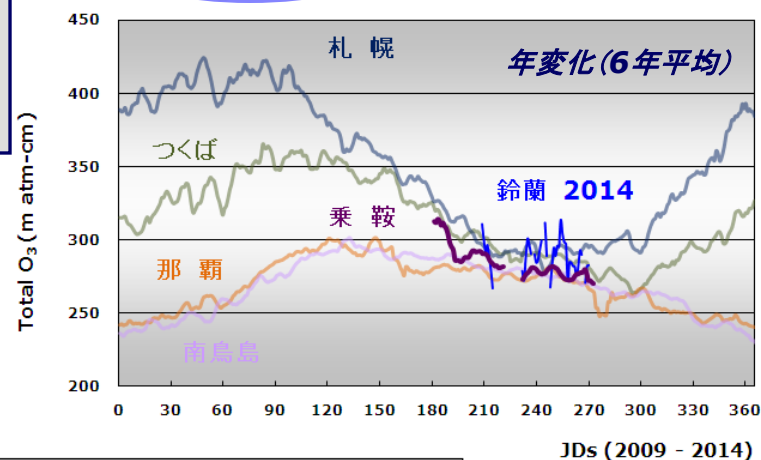
# 乗鞍における O<sub>3</sub>全量・ SO<sub>2</sub>全量 日平均値 (2009～ 2014)



# 乗鞍における O<sub>3</sub>全量 日平均値 6年間(2009 ~ 2014年)の推移

O<sub>3</sub> 全量

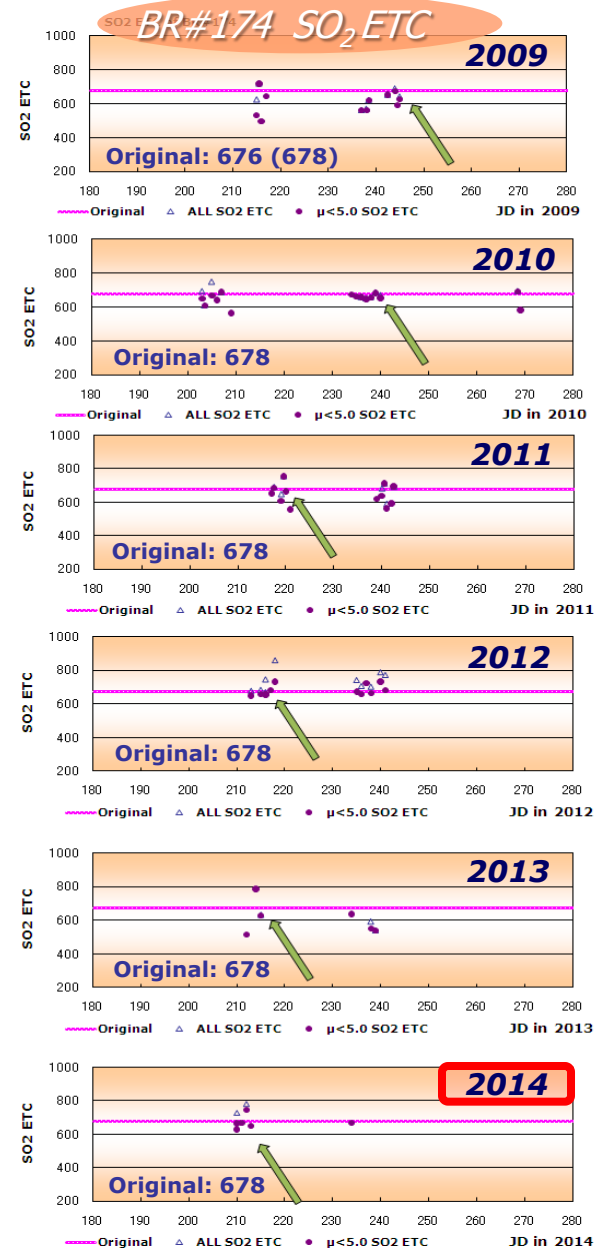
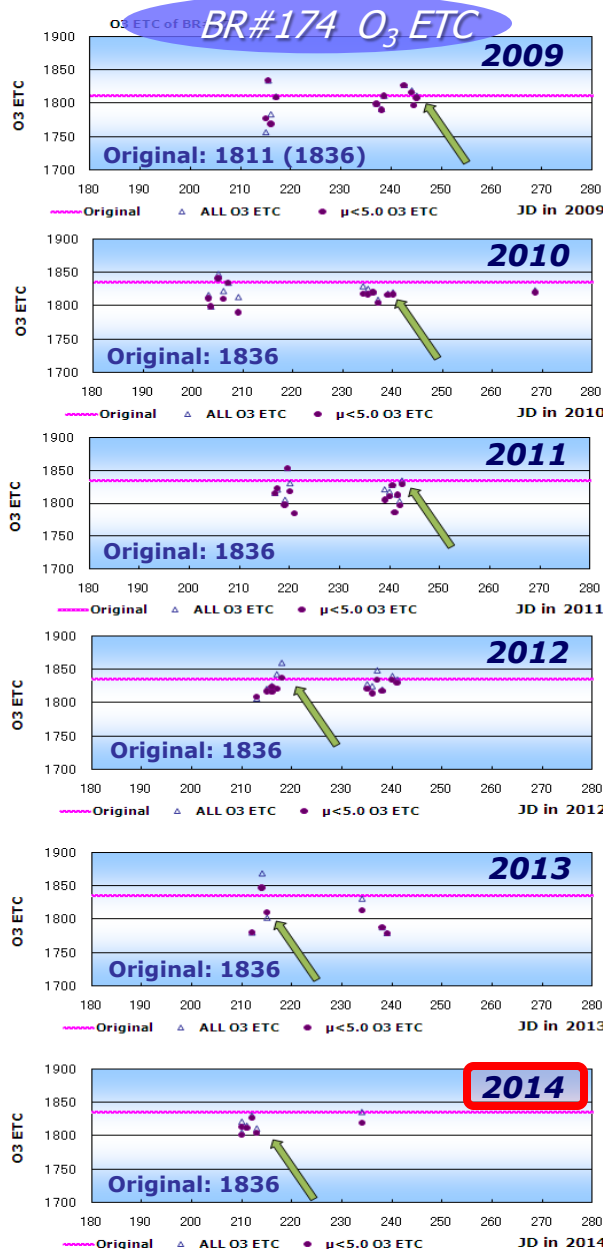
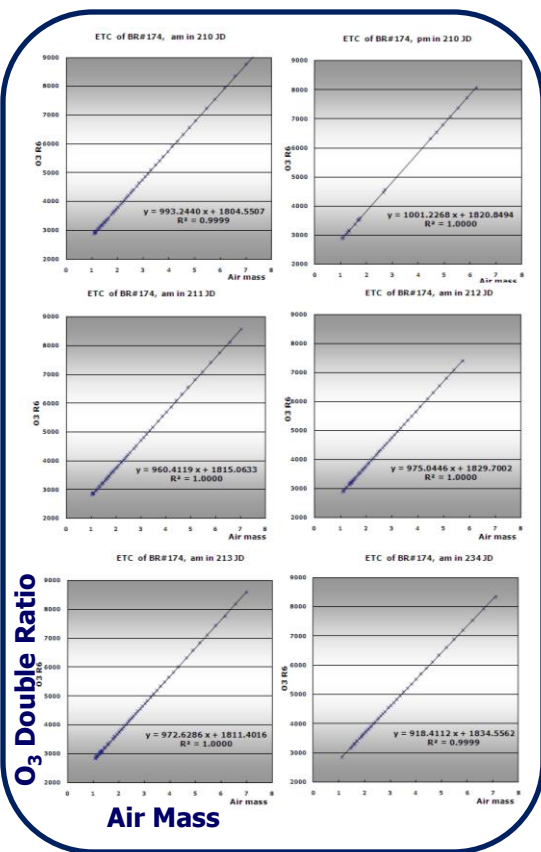
O<sub>3</sub> 全量



|          | Norikura<br>(m atm-cm) | Tsukuba<br>(m atm-cm) | Difference<br>to Tsukuba |
|----------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| O3 2014  | 287.2                  | 300.3                 | -4.4%                    |
| O3 AVG   | 283.8                  | 295.5                 | -4.0%                    |
| SO2 2014 | 0.0                    | 1.6                   | -1.6 m atm-cm            |
| SO2 AVG  | 0.2                    | 1.1                   | -0.9 m atm-cm            |



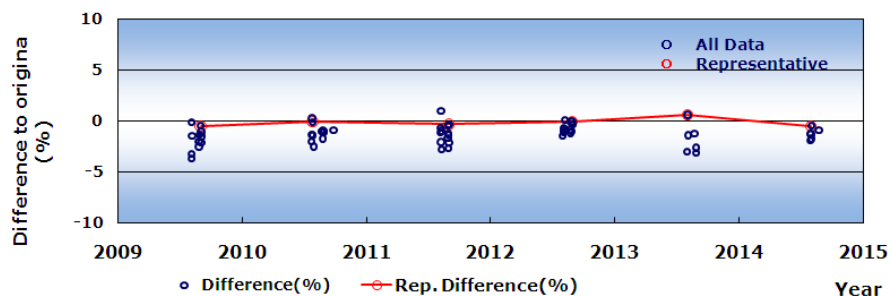
# 乗鞍における $O_3$ ・ $SO_2$ 観測用常数 ETC (Extra-Terrestrial Coefficients) の絶対検定 2009 ~ 2014年



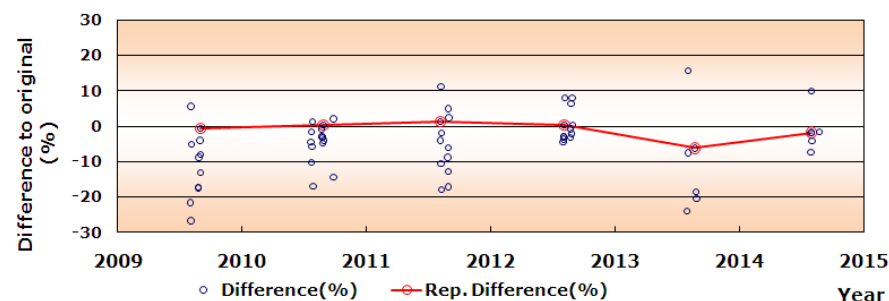
# 乗鞍における $O_3$ ・ $SO_2$ 観測用常数 ETC (Extra-Terrestrial Coefficients) の絶対検定 6年間(2009～2014年)の推移

使用中の観測用常数との差(%)

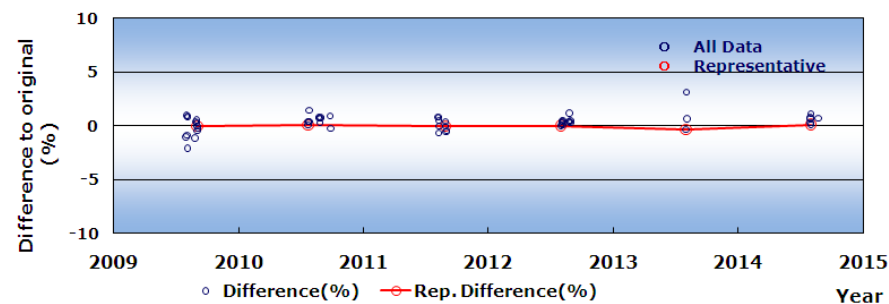
BR#174  $O_3$  ETC



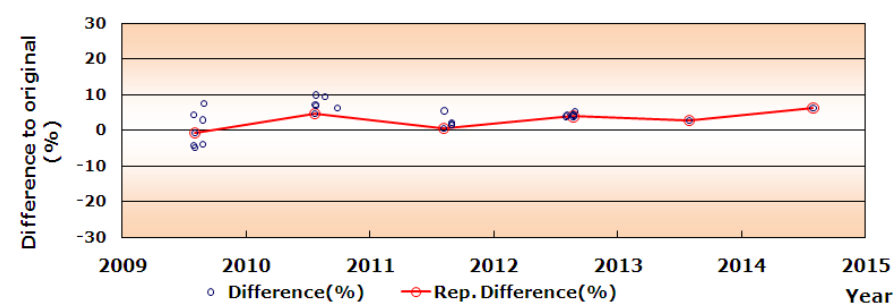
BR#174  $SO_2$  ETC



BR#113  $O_3$  ETC



BR#113  $SO_2$  ETC



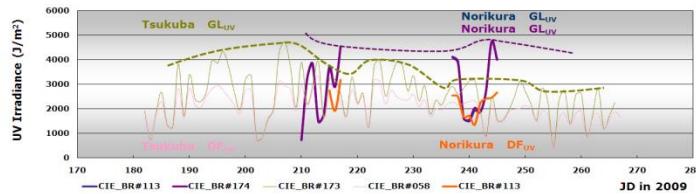


# 乗鞍における UV(CIE)量 と 日射量 の日積算値 2009 ~ 2014 年

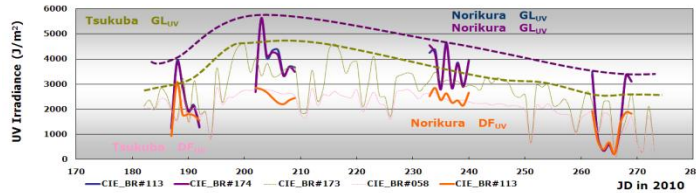
## UV (CIE) 量

全天 UV 量 Norikura 散乱 UV 量 Norikura  
全天 UV 量 Tsukuba 散乱 UV 量 Tsukuba

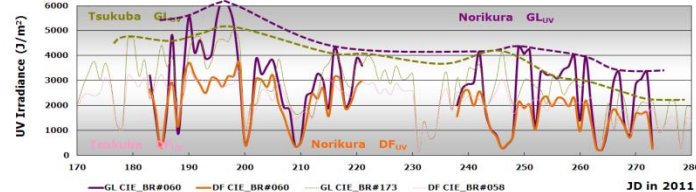
2009年



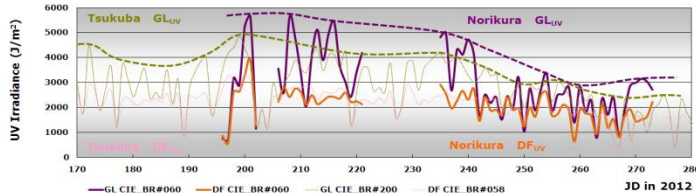
2010年



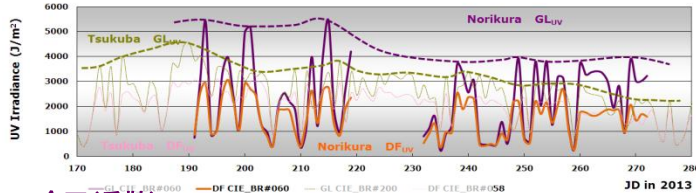
2011年



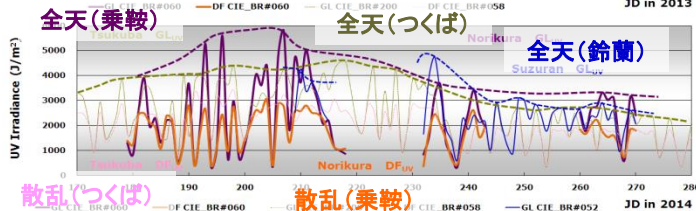
2012年



2013年



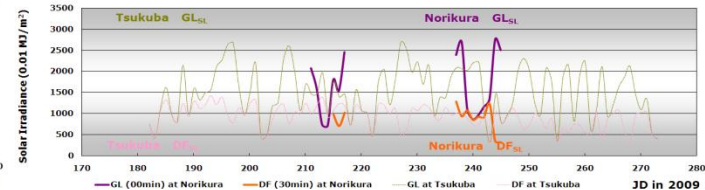
2014年



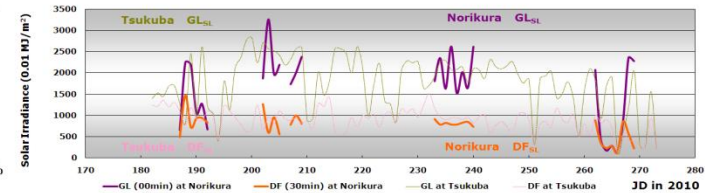
全天日射量 Norikura 散乱日射量 Norikura  
全天日射量 Tsukuba 散乱日射量 Tsukuba

## 日射量

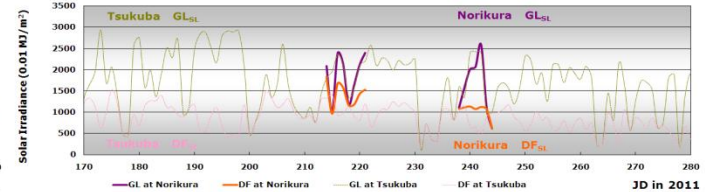
2009年



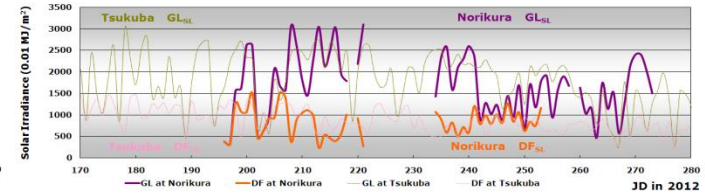
2010年



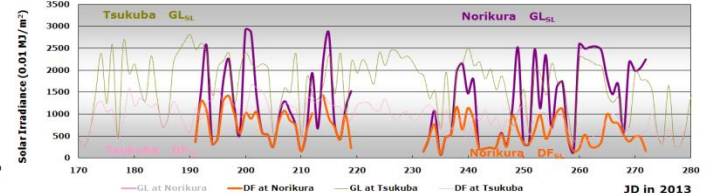
2011年



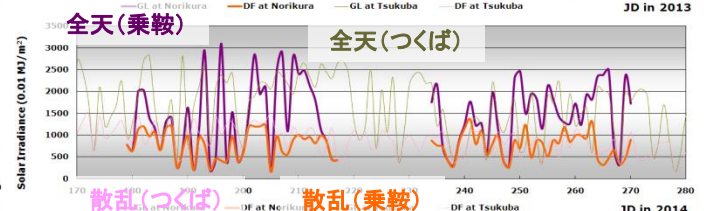
2012年



2013年



2014年



# 乗鞍における UV 散乱率 と 日射散乱率 2009 ~ 2014 年

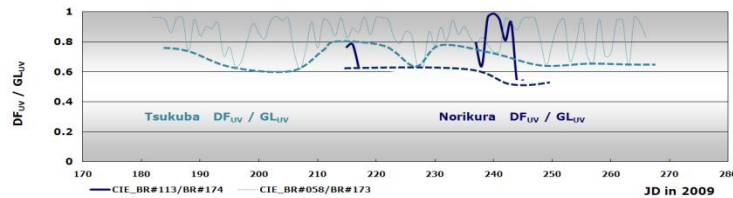
UV (CIE) 散乱率

UV 散乱率 Norikura  
UV 散乱率 Tsukuba

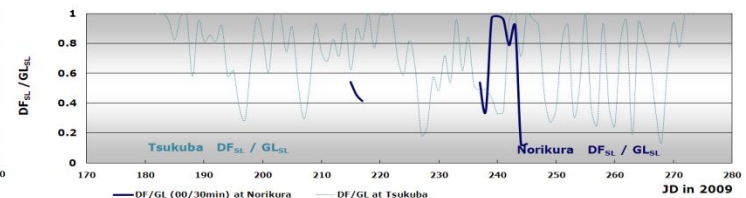
日射 散乱率 Norikura  
日射 散乱率 Tsukuba

日射散乱率

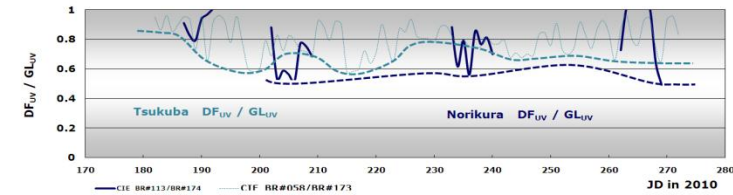
2009年



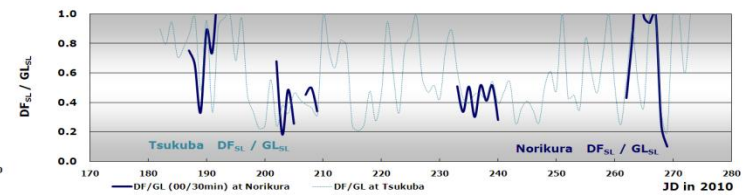
2009年



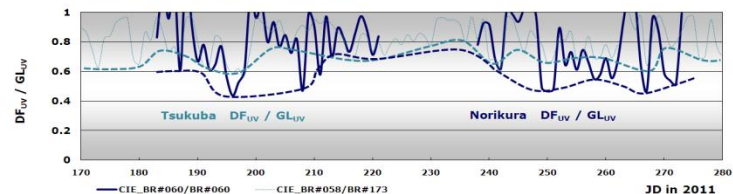
2010年



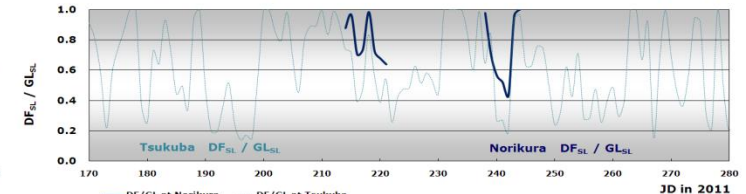
2010年



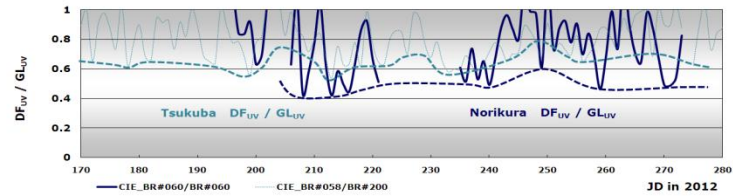
2011年



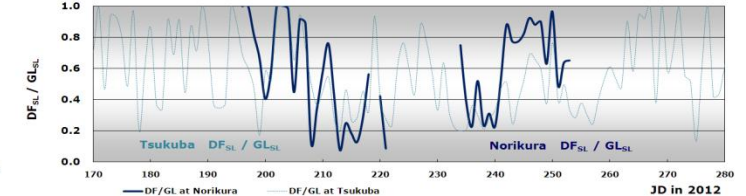
2011年



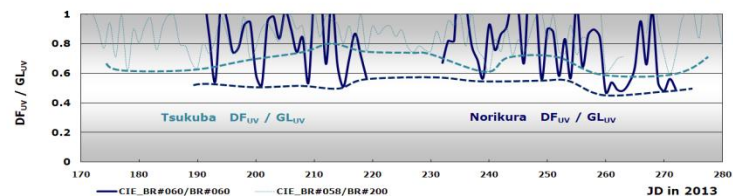
2012年



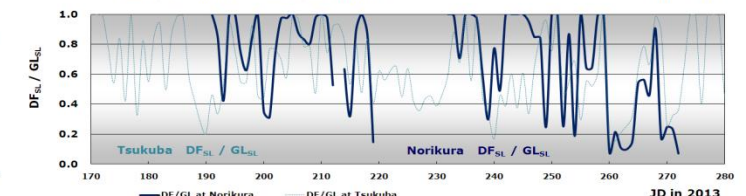
2012年



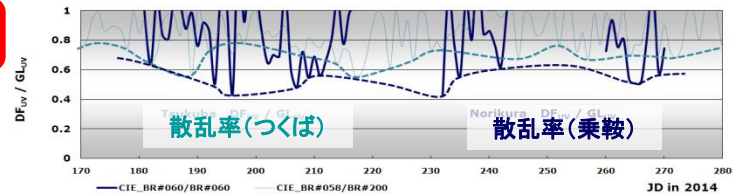
2013年



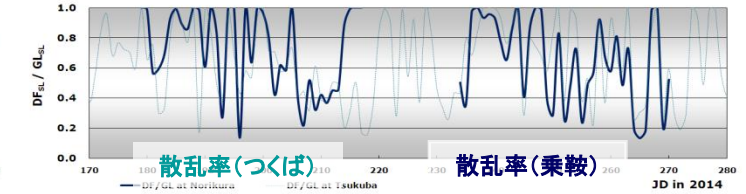
2013年



2014年



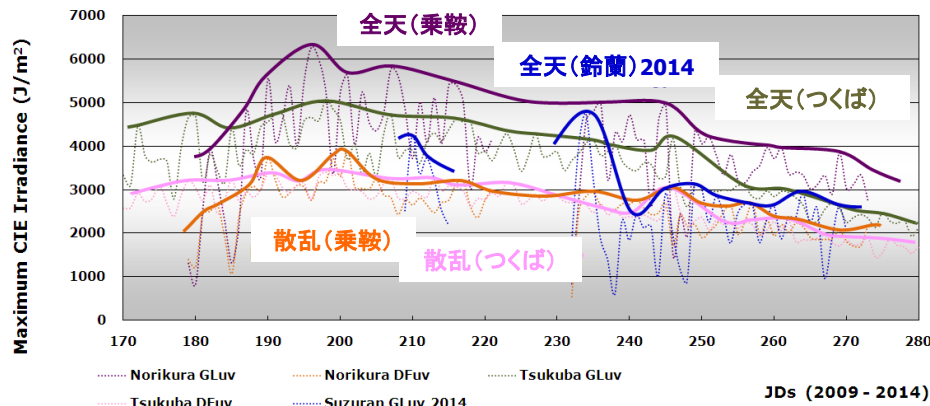
2014年



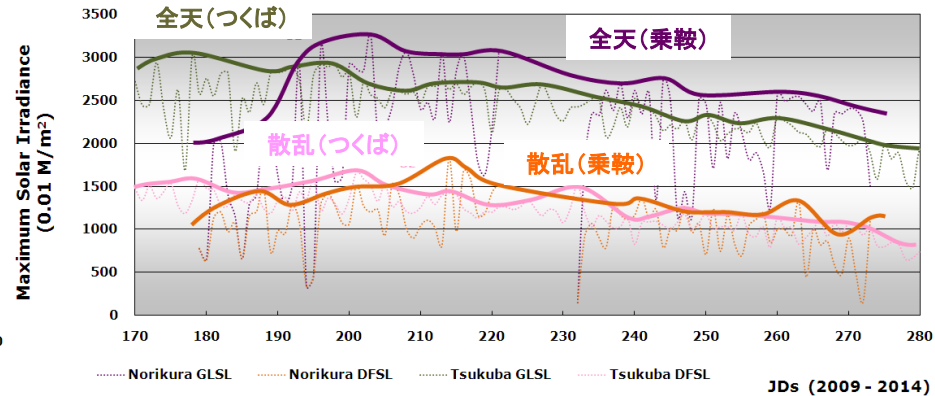


# 乗鞍における UV (CIE) 量 と 日射量 及び それらの散乱率 日積算値の最大値 及び 散乱率の最小値 の6年間(2009 ~ 2014 年)の推移

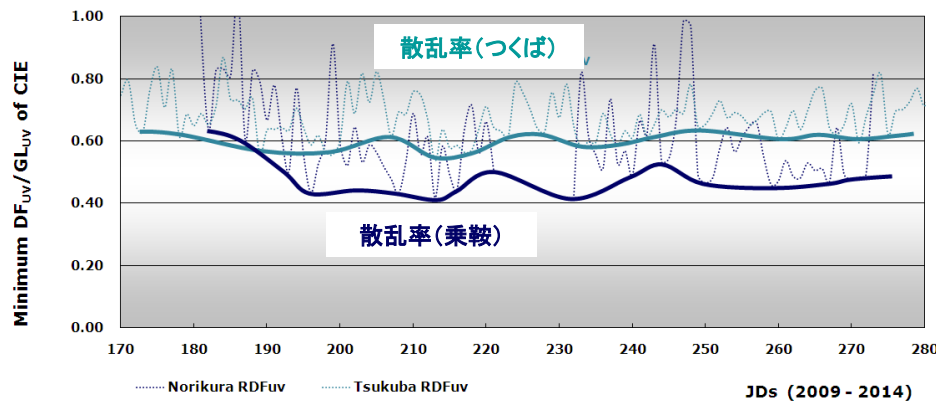
## UV (CIE) 最大値



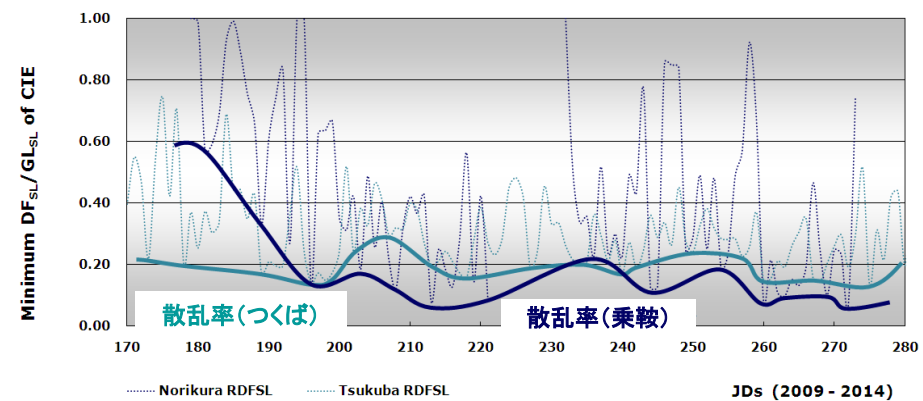
## 日射量 最大値



## UV (CIE) 散乱率



## 日射散乱率





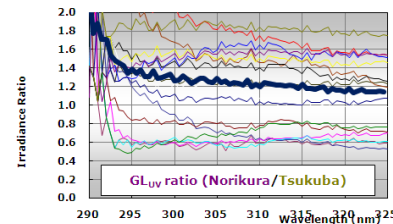
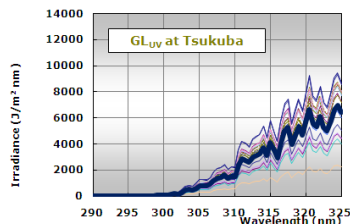
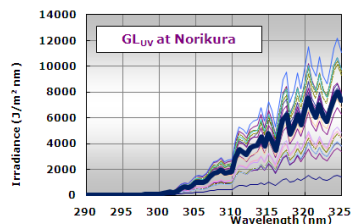
乘 鞍

つくば

乘 鞍 /

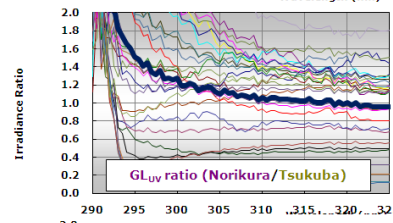
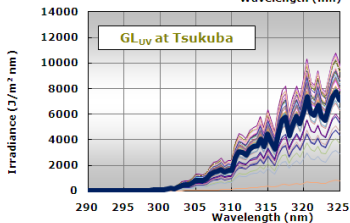
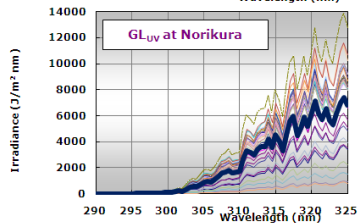
つくば

## 2009年



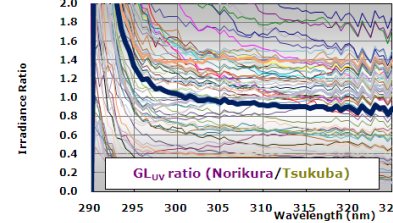
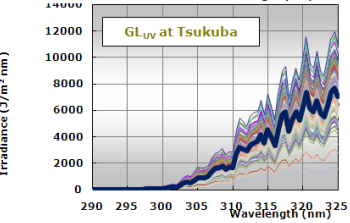
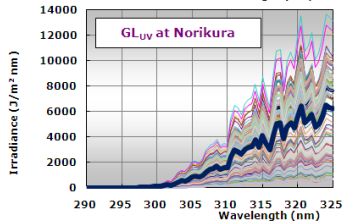
乗鞍における  
全天UVスペクトル  
2009 ～ 2014 年  
(重ね書き)

**2010年**

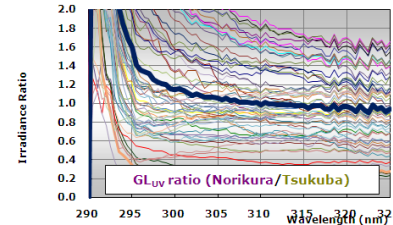
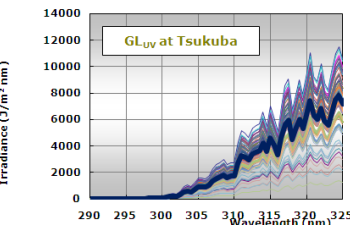
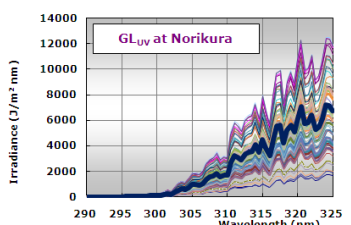


## 短波長帯ほど増加

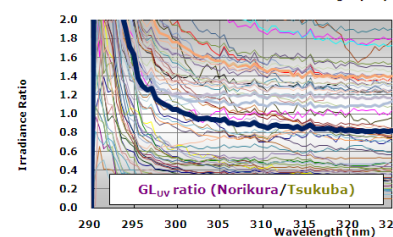
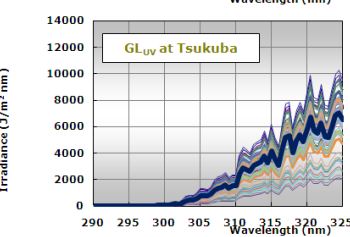
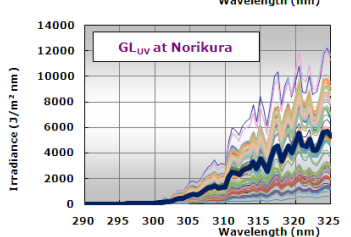
**2011年**



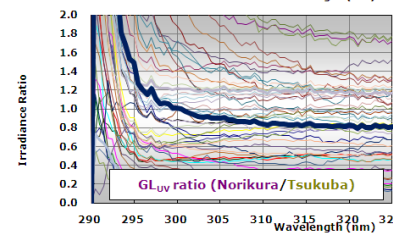
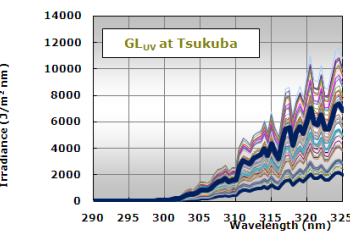
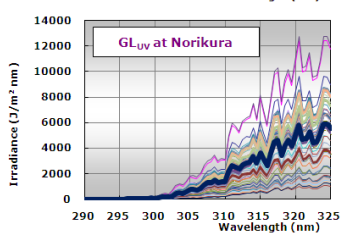
**2012年**



**2013年**



## 2014年



# 乗鞍における 全天・散乱 UVスペクトル 6年間(2009 ~2014 年)の平均

短波長帯ほど増加



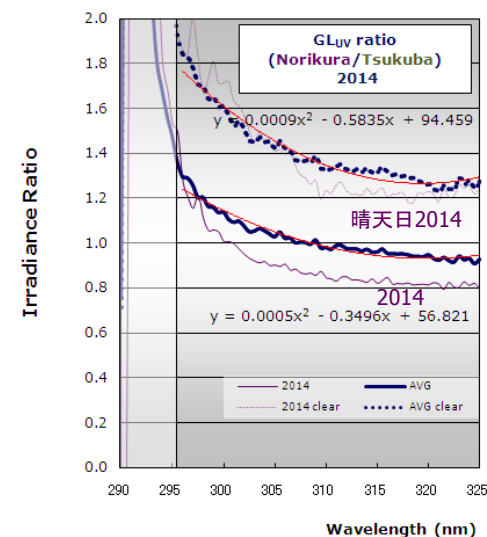
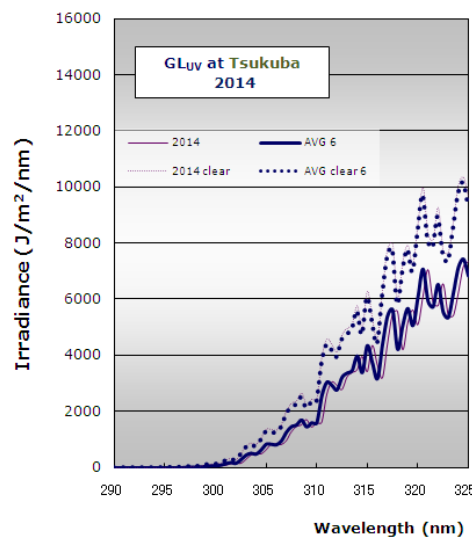
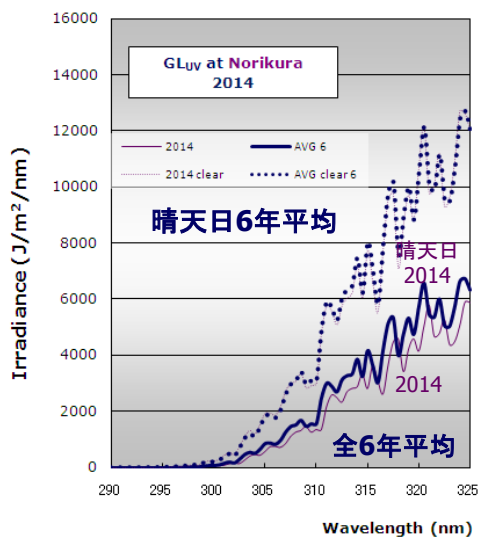
乗鞍

つくば

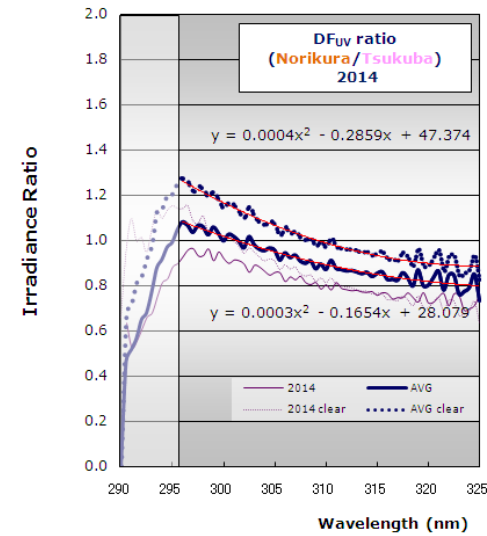
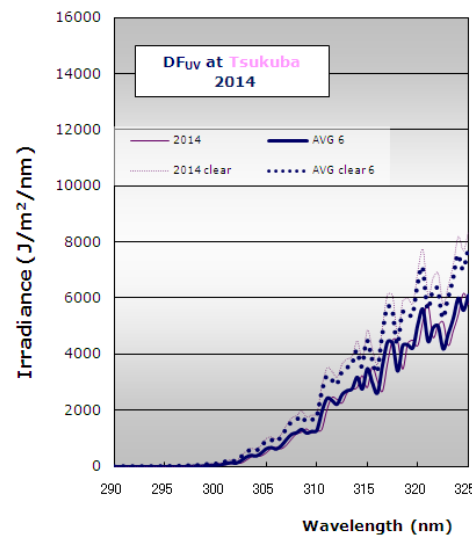
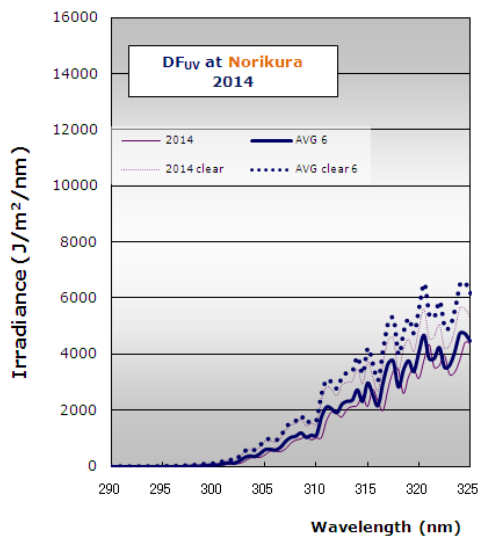
乗鞍 /

つくば

全天UV  
スペクトル

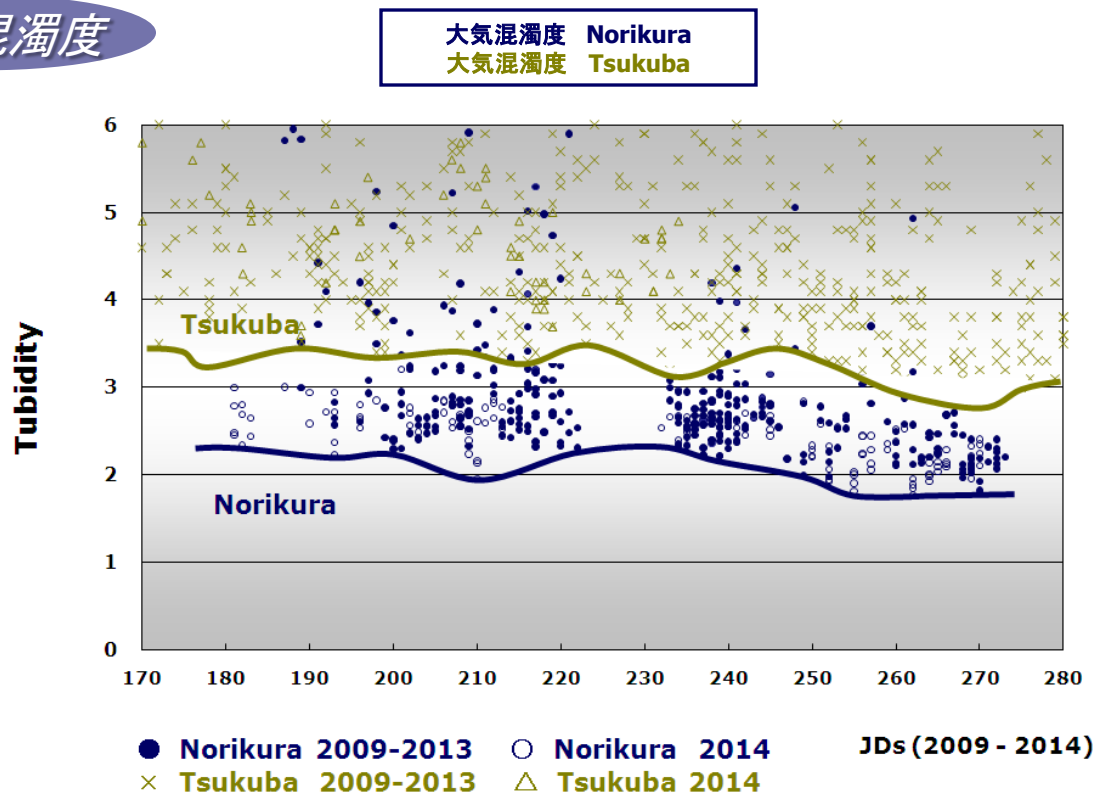


散乱UV  
スペクトル



# 乗鞍における大気混濁度 2009 ～ 2014 年

## 大気混濁度



大気混濁度



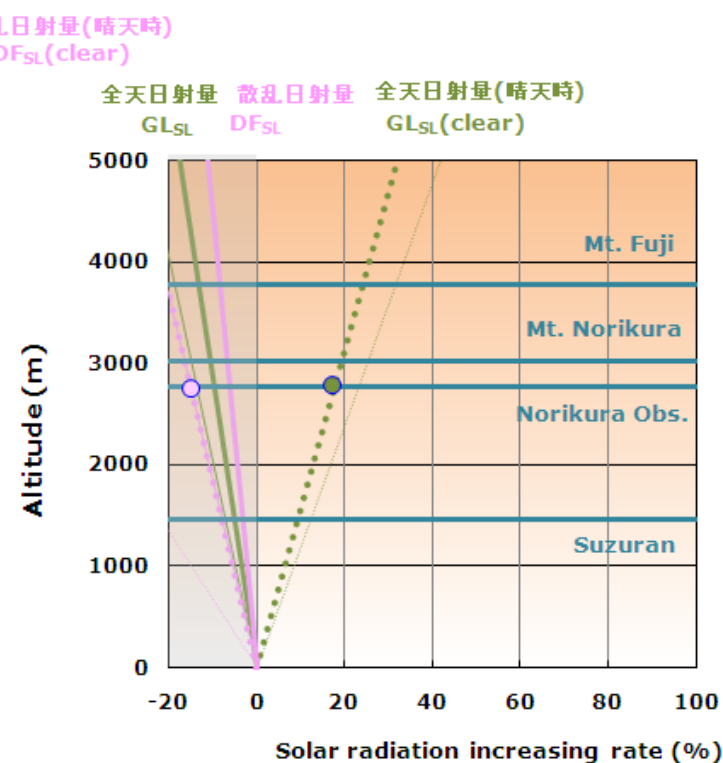
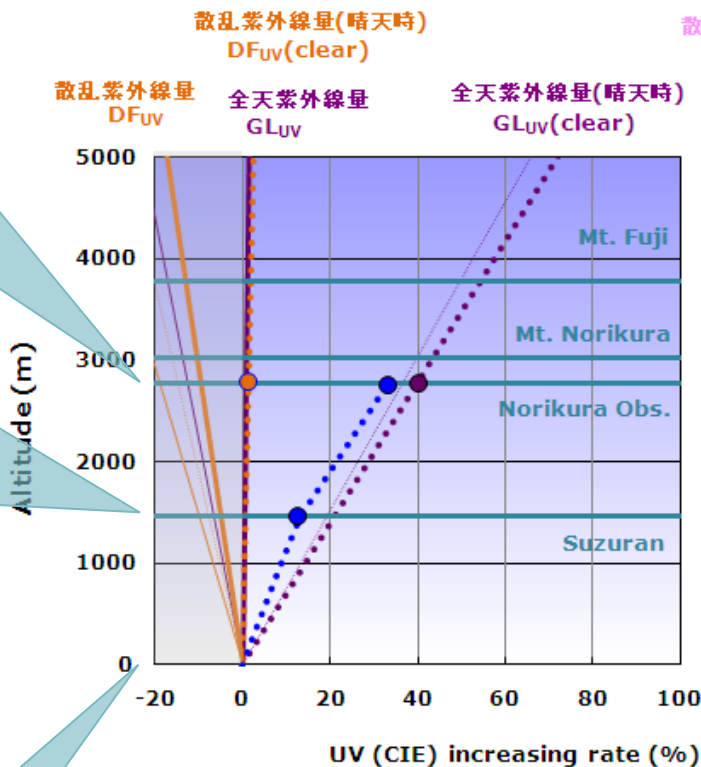
つくばの冬季、  
南極昭和  
とほぼ同じ



# 高度に対する紫外線量・日射量の増加率(2009 ~ 2014年)

## UV (CIE) 増加率

## 日射量 増加率



|                             | UV (CIE)<br>% / 1,000m | Solar Radiation<br>% / 1,000m |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|
| $GL_{UV}$ 6 AVG             | 0.3                    | -3.5                          |
| $GL_{UV}$ 6 AVG (clear day) | 14.4                   | 6.4                           |
| $DF_{UV}$ 6 AVG             | -3.5                   | -2.2                          |
| $DF_{UV}$ 6 AVG (clear day) | 0.5                    | -5.4                          |

# 2009～2014年の研究成果

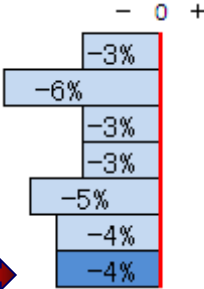
[ ] : 観測日数

## ◆ オゾン全量

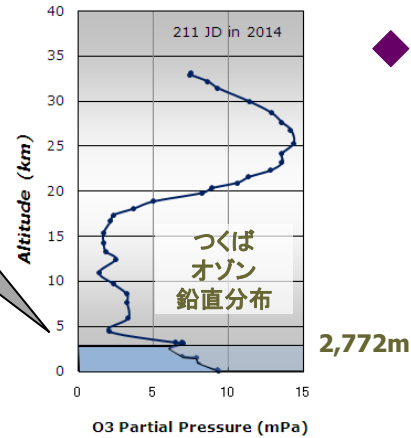
### オゾン全量 dsO3

2009年 [16]  
2010年 [30]  
2011年 [75]  
2012年 [62]  
2013年 [70]  
**2014年 [63]**

AVG



オゾンゾンデ  
観測値と  
ほぼ一致



## ◆ 二酸化硫黄全量

### 二酸化硫黄全量 dsSO2

6年間とも認められない

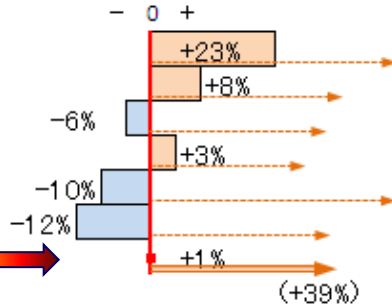
・ 観測用常数校正 ..... 可能 (6年間ほぼ一定)

## ◆ 紫外線量 (CIE)

### 全天紫外線量 GLuv

2009年 [12]  
2010年 [30]  
2011年 [75]  
2012年 [62]  
2013年 [70]  
**2014年 [63]**

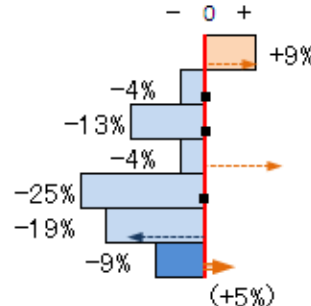
AVG



(+39%)

晴天日 : つくば夏至頃の年最大値以上

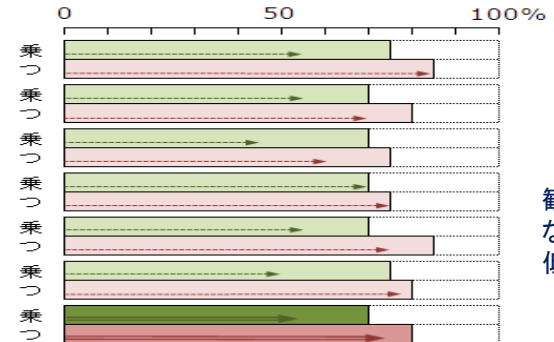
### 散乱紫外線量 DFuv



(+5%)

AVG

### 紫外線散乱率 DFuv/GLuv



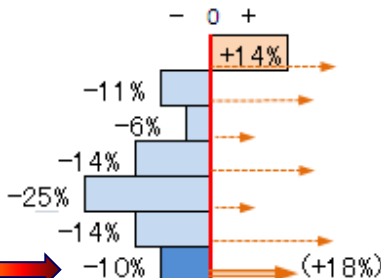
晴天日  
↓  
観測例が  
ないほど  
低い

## ◆ 日射量

### 全天日射量 GLsl

2009年 [12]  
2010年 [30]  
2011年 [15]  
2012年 [47]  
2013年 [69]  
**2014年 [79]**

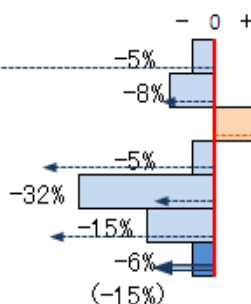
AVG



(+18%)

晴天日 : つくば夏至頃の年最大値

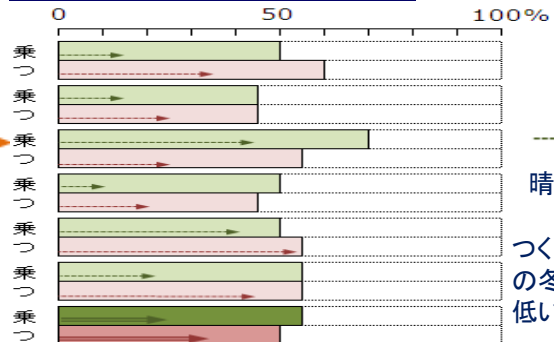
### 散乱日射量 DFsl



(-15%)

AVG

### 日射散乱率 DFsl/GLsl

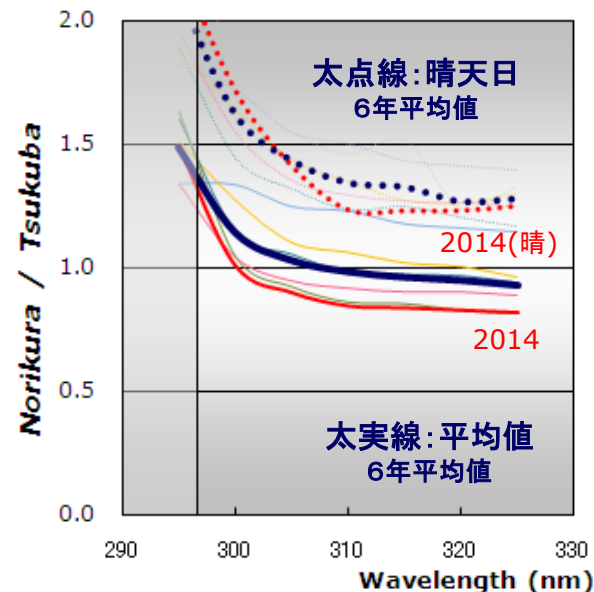


晴天日  
↓  
つくば最低  
の冬季より  
低い

## ◆ 波長別紫外線量 ・ 短波長帯ほど多い

( ): 晴天日

|              |                     |                  |
|--------------|---------------------|------------------|
| 2009年 [12]   | 例: 300nm +34 (+72)% | 325nm +14 (+39)% |
| 2010年 [30]   | 例: 300nm +27 (+64)% | 325nm - 4 (+30)% |
| 2011年 [75]   | 例: 300nm + 4 (+55)% | 325nm -11 (+24)% |
| 2012年 [62]   | 例: 300nm +15 (+44)% | 325nm - 6 (+17)% |
| 2013年 [70]   | 例: 300nm + 5 (+67)% | 325nm -18 (+33)% |
| 2014年 [63]   | 例: 300nm + 1 (+72)% | 325nm -19 (+25)% |
| <b>AVG</b> → | 例: 300nm +14 (+62)% | 325nm - 7 (+28)% |



## ◆ 高度による紫外線増加率 (CIE)

|              |                       |
|--------------|-----------------------|
| 2009年 [16]   | +8.5 (+19)% / 1,000 m |
| 2010年 [30]   | +3.1 (+14)% / 1,000 m |
| 2011年 [75]   | -2.2 (+13)% / 1,000 m |
| 2012年 [62]   | +1.0 (+11)% / 1,000 m |
| 2013年 [70]   | -3.7 (+19)% / 1,000 m |
| 2014年 [63]   | -4.6 (+13)% / 1,000 m |
| <b>AVG</b> → | +0.3 (+14)% / 1,000 m |

( ): 晴天日

### 要因

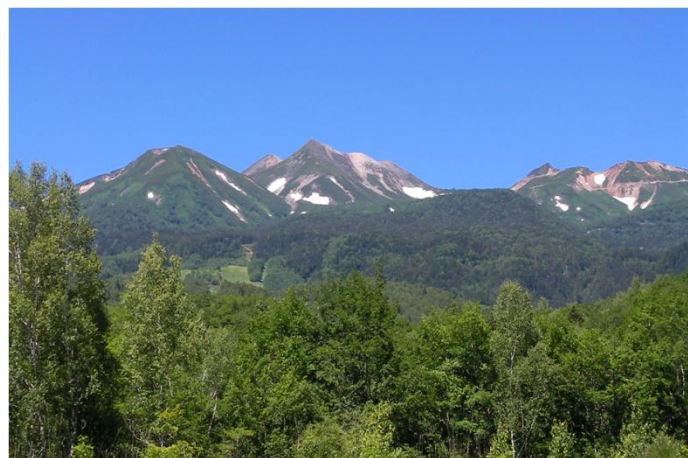
- ・オゾンが少ないこと
- ・エアロゾル等による散乱が少ないこと

晴天日  
約42% 増

3,000 m



標高 0 m





## 2009～2014年の研究成果

### ◎ 乗鞍のオゾン・紫外線量

#### 問題点

- ◇ 経年変化や季節変化
- ◇ 標高に対する精確な $O_3$ 減少率・UV増加率

----- ① ② ③

### ◎ アジア地区校正センターの条件

#### 問題点

- ◇ 常数の長期的経年変化
- ◇ 絶対検定方法の世界的な統一

----- ① ④

## 今後の研究計画

### ① 観測の継続

UV・ $O_3$ ・ $SO_2$ の経年変化  
観測用常数の経年変化

### ② 観測の強化

鈴蘭における観測  
日射領域におけるスペクトル観測

### ③ 詳細なデータ解析

精確な高地UV増加率  
対流圏 $O_3$ の把握、衛星データとの比較等々

### ④ 世界準器の絶対検定に参加

世界的な絶対検定方法の統一  
校正技術の研究・開発

END