

# 乗鞍岳における Brewer 分光光度計を使用した オゾン・紫外線の観測 2012年

Observations of total ozone and UV solar radiation  
with Brewer spectrophotometer on the Norikura mountains in 2012

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 \*\*



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



\* 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

査定額:なし

# 経緯

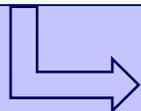
## ◆ ブリュウワー分光光度計 (Brewer Spectrophotometer)

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

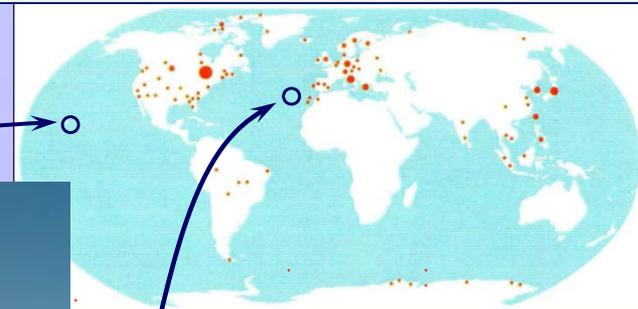
➡ 国内における  $O_3$ ・ $SO_2$  観測用常数の校正、高精度なUV観測の可能性

## ◆ 世界的に「高地の $O_3$ ・UV」の詳細は不明

➡ 紫外線予測・気候モデルの高精度化、健康への影響



2009 ~ 2012年 乗鞍観測所 (36.11N 137.56E 2,772m)



## 地区校正センター 常数校正の条件

- ・ 中～低緯度の高地
- ・ 汚染物質、エアロゾル、火山ガスなし
- ・ 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

(MSC, Canada)



Photo. by Mr. T. Grajnar, MSC.

### Brewer Network

アジア地区の測器数 : (52)/199

最新測器 No. : BR#211

### 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

- ① 高地の  $O_3$ ・ $SO_2$ ・UV量を把握
- ②  $O_3$ ・ $SO_2$  観測用常数を校正
- ③ 各種測器作動試験、自然環境(日射量等)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

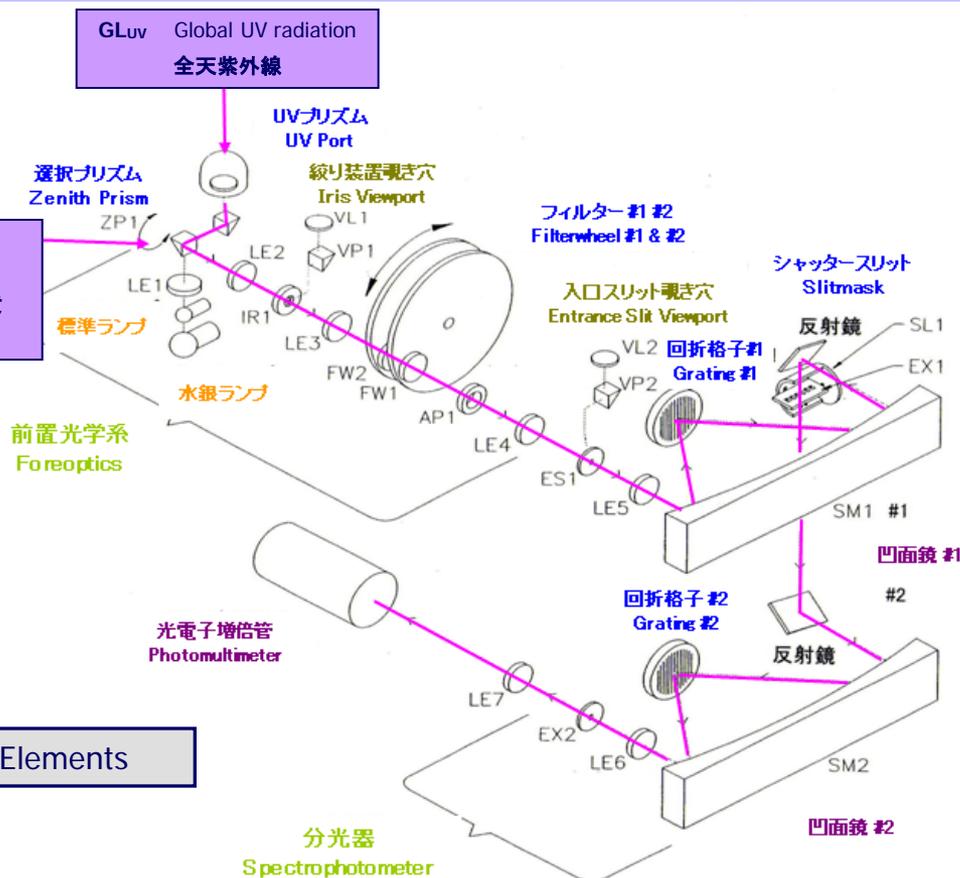


Photo. by Dr. A. Redondas, RBCC-E

# ブルーワー分光光度計 MKIII

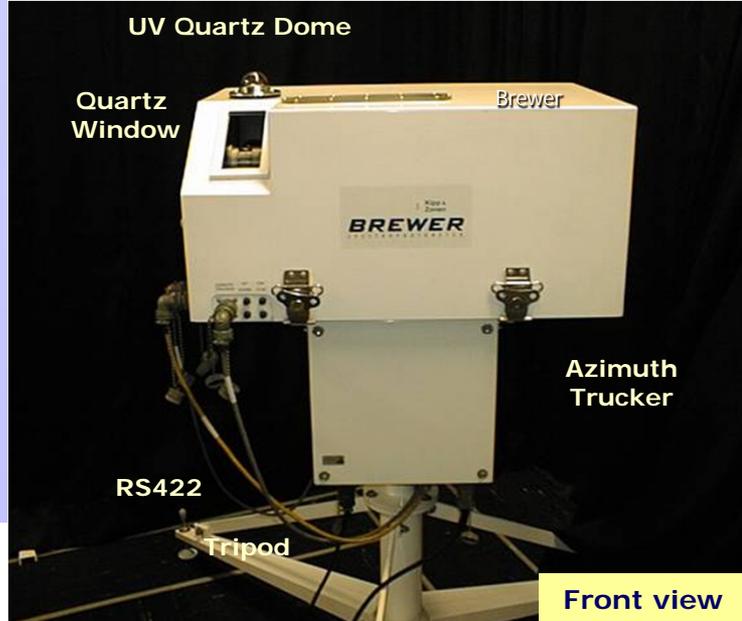
## <観測の種類>

- ◆ GLuv <全天 波長別 UV量 Global UV radiation>  
(290.0 - 325.0 nm /0.5nm) (286.5 - 363.0 nm /0.5nm)
- ◆ ds O<sub>3</sub>/ds SO<sub>2</sub> <直射光オゾン・二酸化硫黄全量 Total O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub>>
- ◆ zs O<sub>3</sub>/zs SO<sub>2</sub> <天頂光オゾン・二酸化硫黄全量 Zenith sky total O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub>>
- ◆ UM <反転観測(オゾン鉛直分布) Umkehr observations >
- ◆ fmO<sub>3</sub>/fmSO<sub>2</sub> <月光オゾン・二酸化硫黄全量 Focused moon total O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub>>



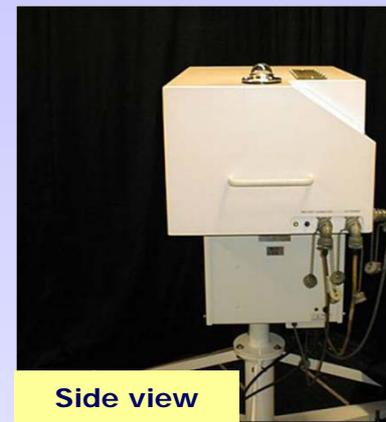
Optical Elements

Kipp & Zonen (2011) を改変



## <測定仕様>

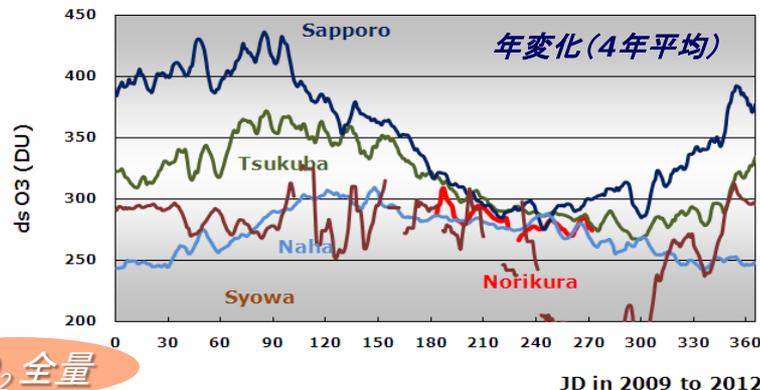
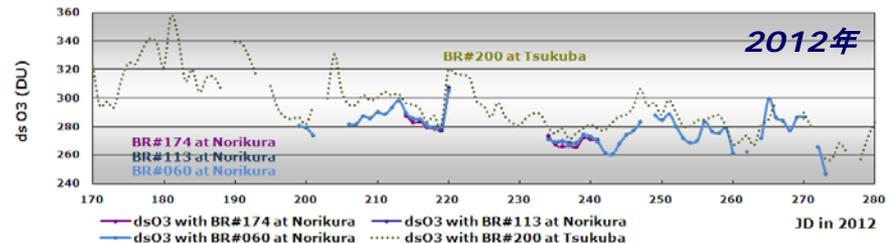
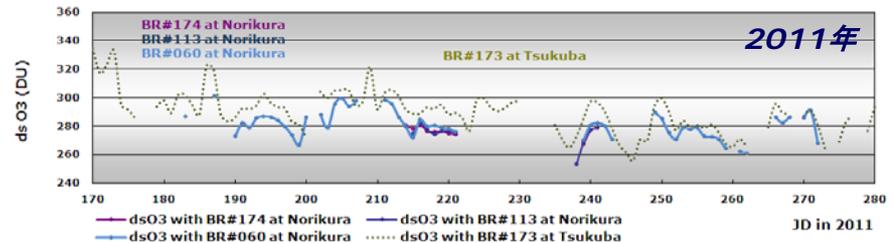
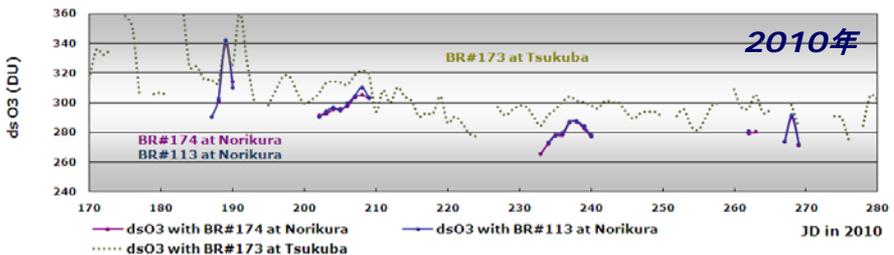
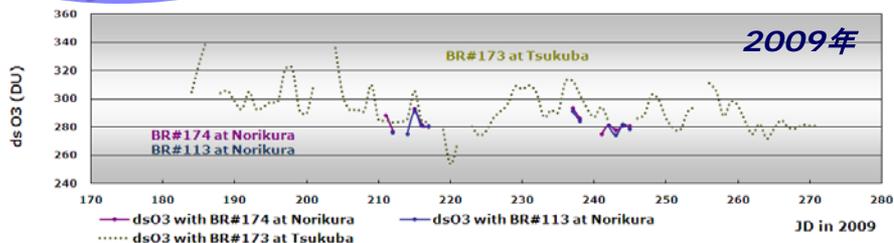
Optics : modified Ebert spectrometer  
 Optical resolution : 0.6nm  
 Grating : 3600 grooves mm<sup>-1</sup>  
 Wavelength precision : 0.005nm step<sup>-1</sup>  
 Azimuth tracking resolution : 0.02° step<sup>-1</sup>  
 Zenith tracking resolution : 0.13° step<sup>-1</sup>  
 Power : 120/240VAC 2A 50/60Hz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



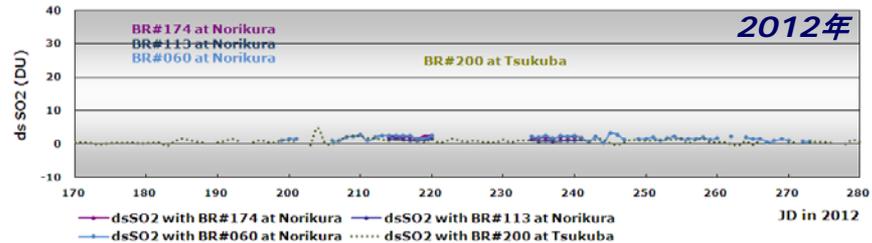
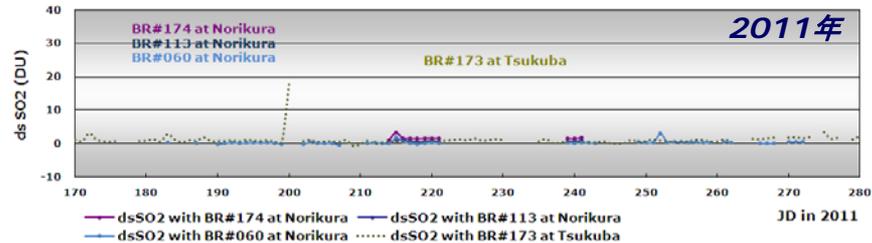
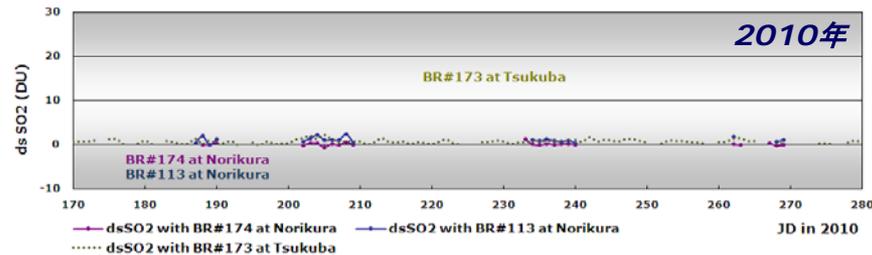
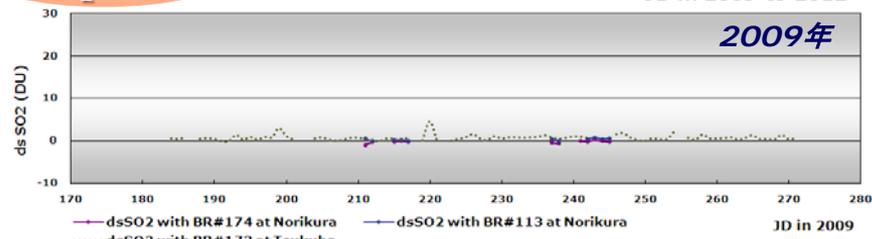


# 乗鞍における $O_3$ 全量と $SO_2$ 全量 日平均値の推移 (2009 ~ 2012年)

## $O_3$ 全量

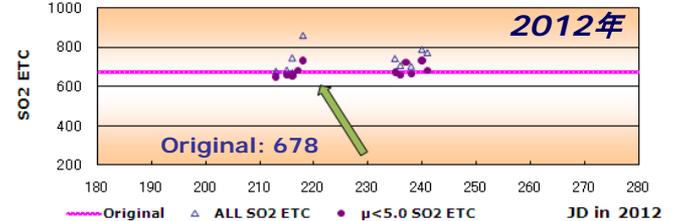
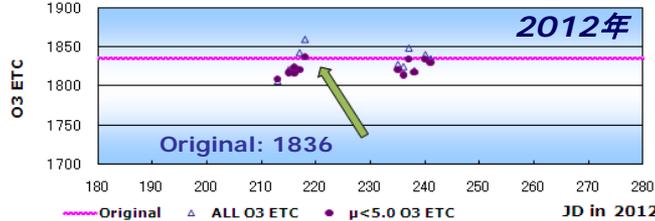
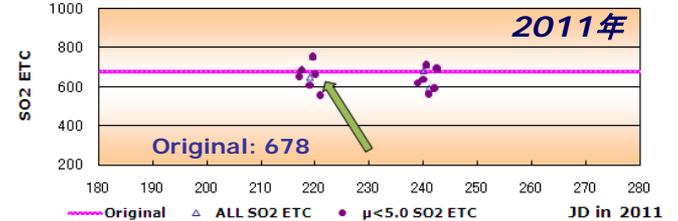
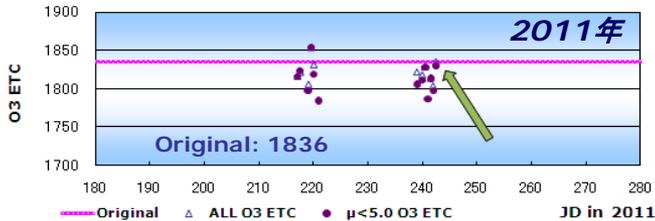
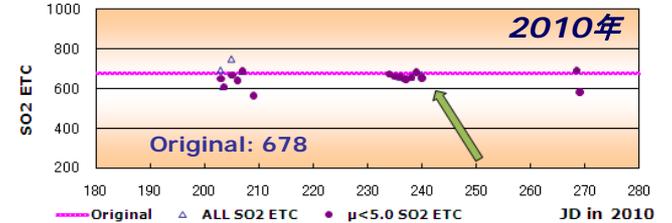
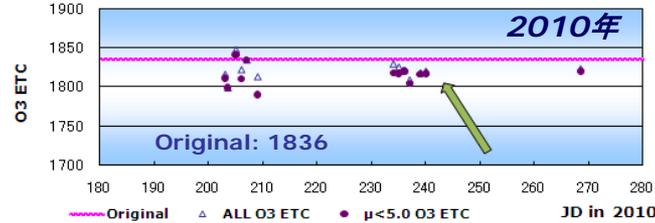
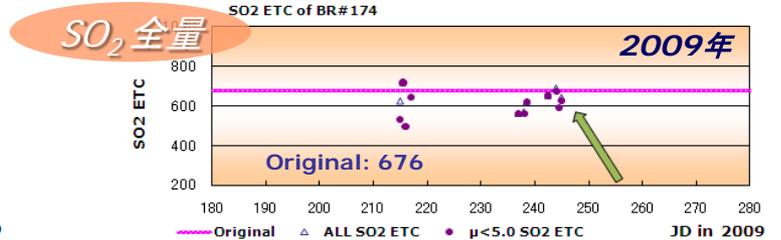
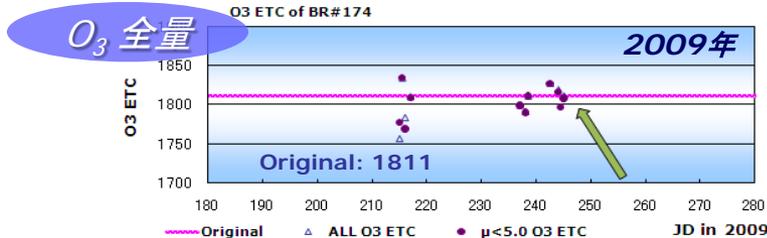
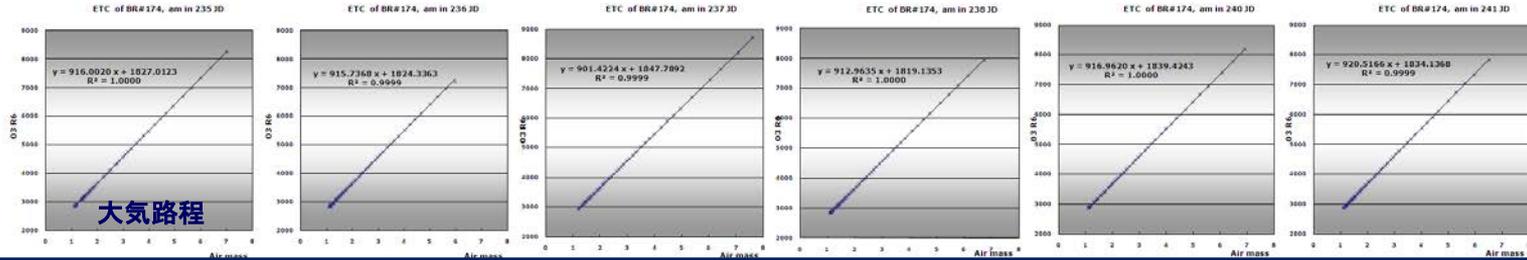


## $SO_2$ 全量



# 乗鞍における $O_3 \cdot SO_2$ 観測用常数 ETC (Extra-Terrestrial Coefficients) の絶対検定 2009 ~ 2012年

オゾン二重比

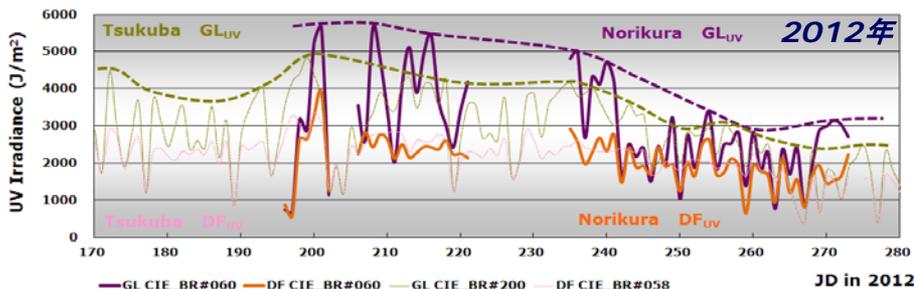
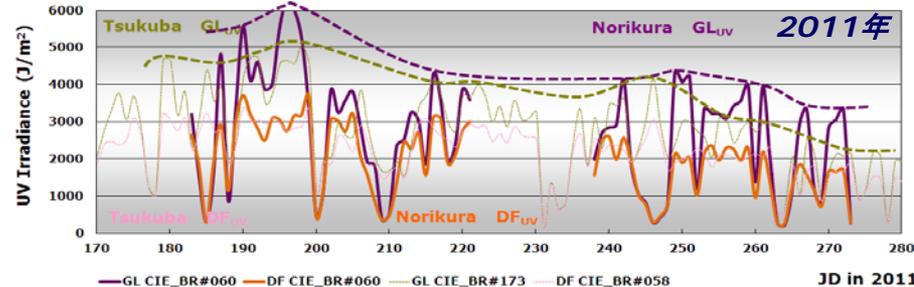
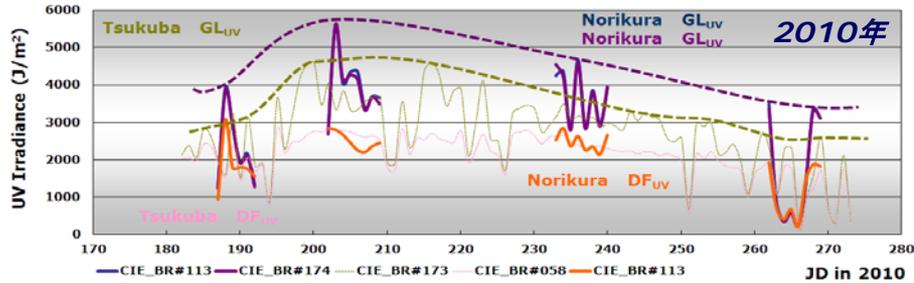
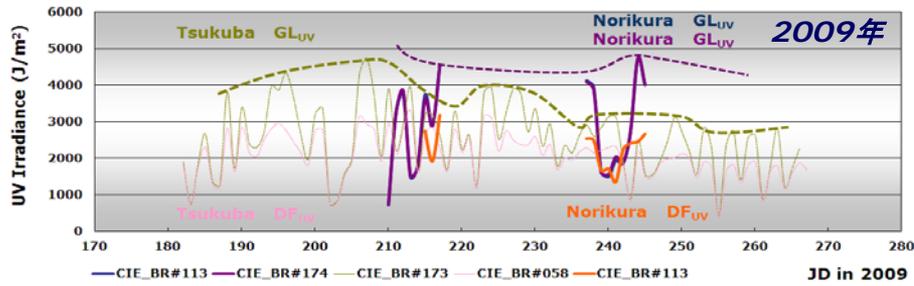


# 乗鞍における UV(CIE)量 と 日射量 の日積算値の推移 2009 ~ 2012 年

2009 ~ 2012 年

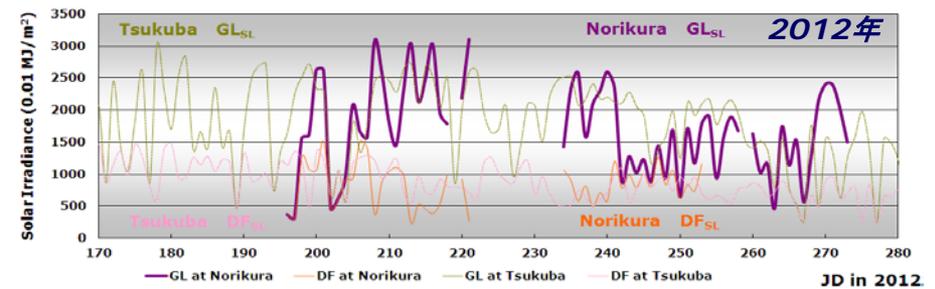
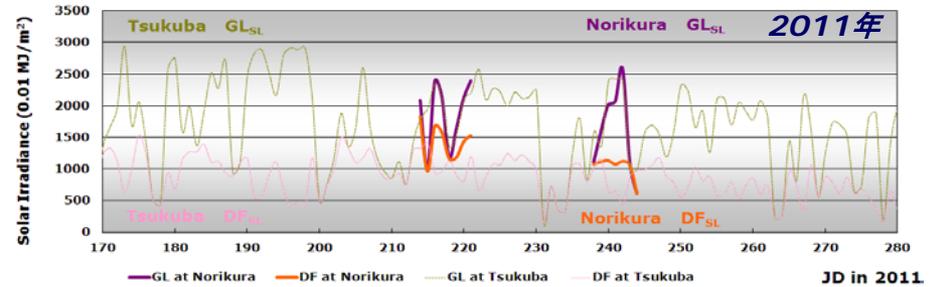
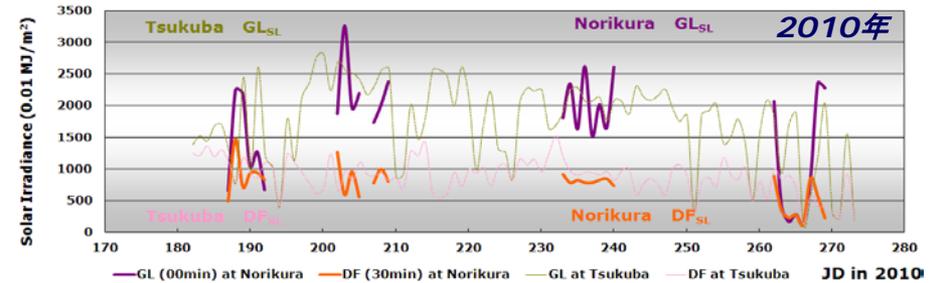
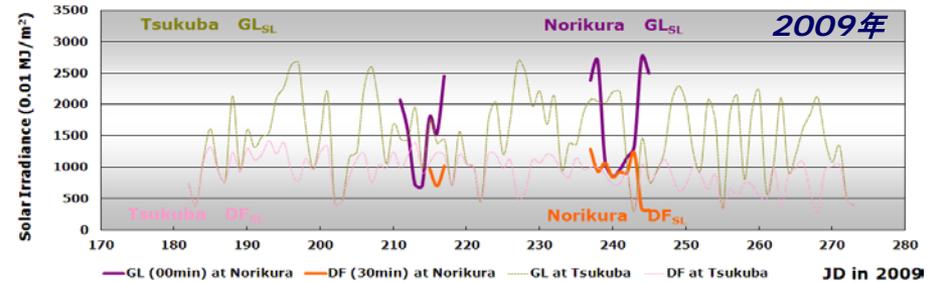
## UV (CIE) 量

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



## 日射量

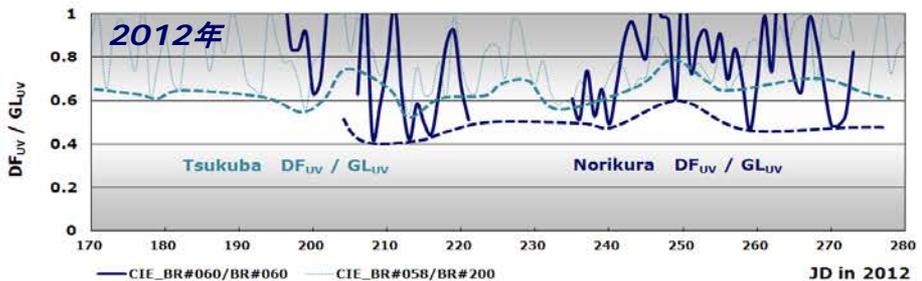
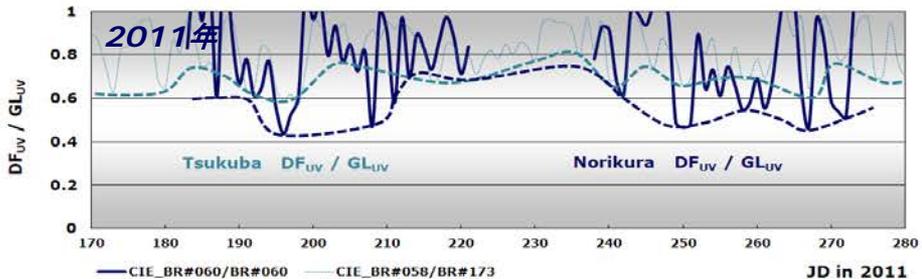
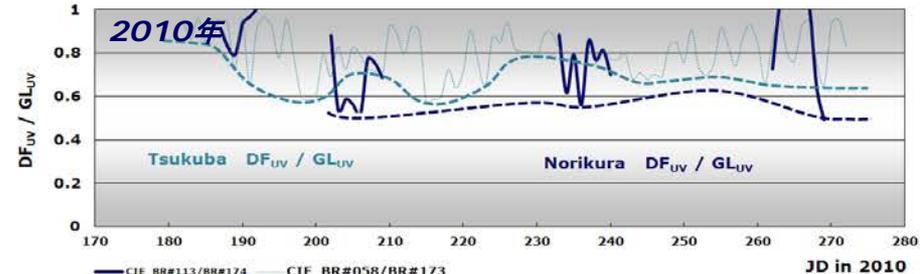
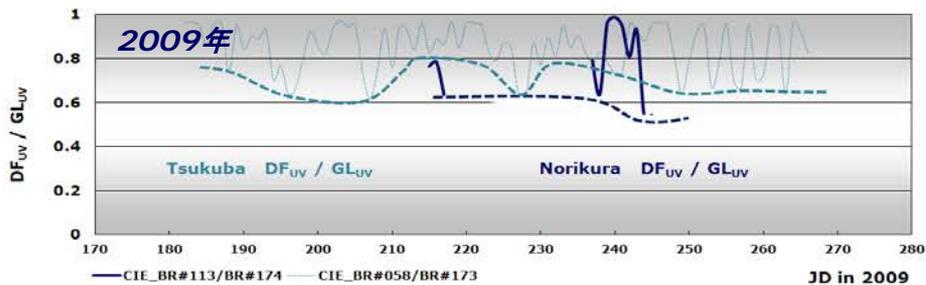
全天日射量 Norikura 散乱日射量 Norikura  
 全天日射量 Tsukuba 散乱日射量 Tsukuba



# 乗鞍における UV 散乱率 と 日射散乱率 の推移 2009 ~ 2012 年

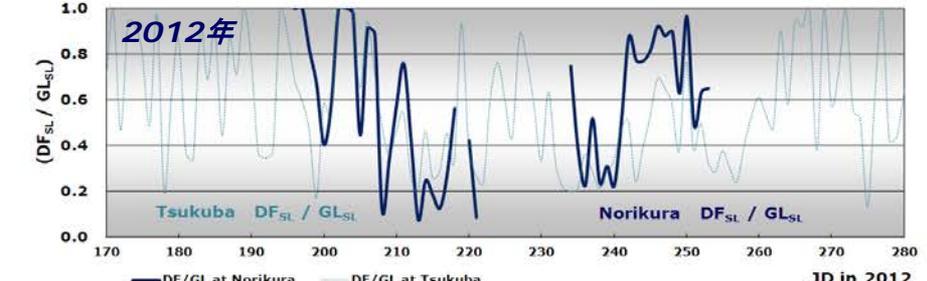
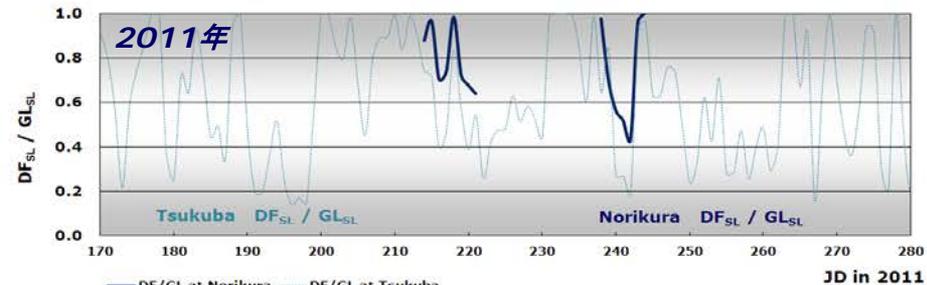
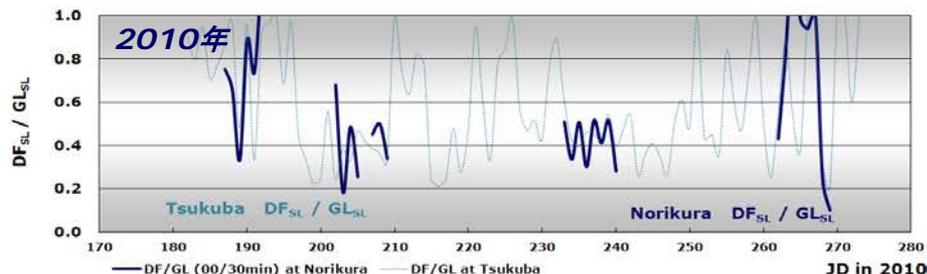
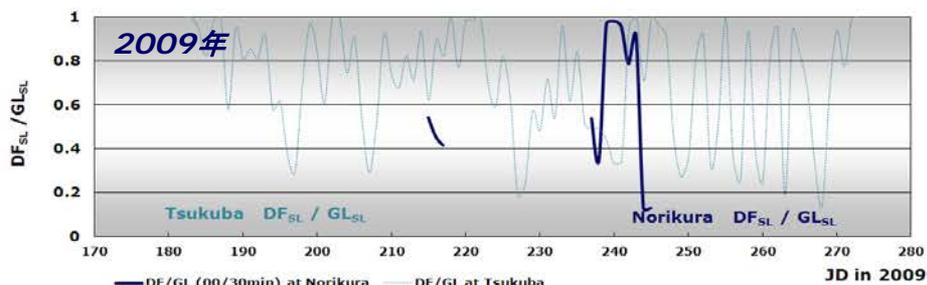
## UV (CIE) 散乱率

UV 散乱率 Norikura  
UV 散乱率 Tsukuba



## 日射散乱率

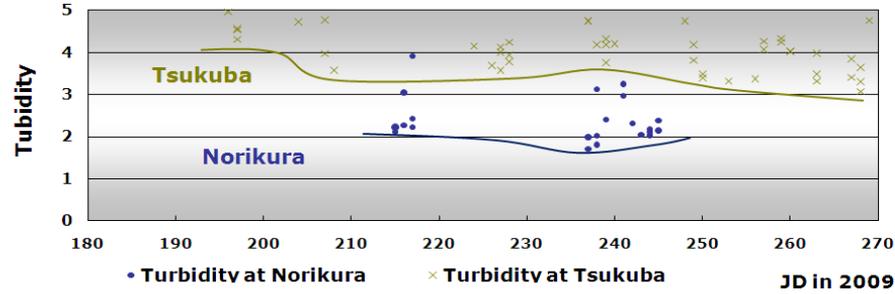
日射 散乱率 Norikura  
日射 散乱率 Tsukuba



# 乗鞍における大気混濁度の推移 2009 ~ 2012 年

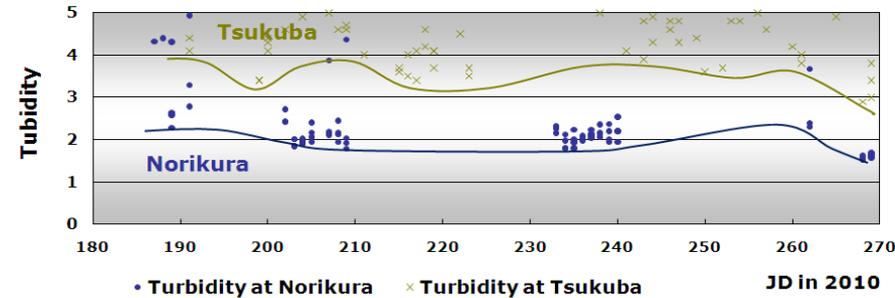
## 大気混濁度

2009年



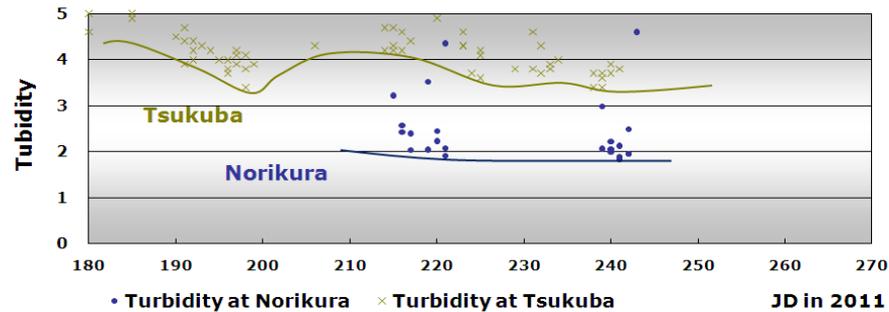
大気混濁度 Norikura  
 大気混濁度 Tsukuba

2010年



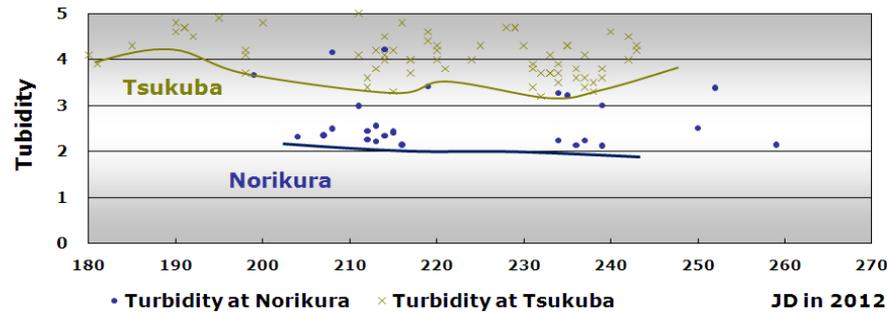
大気混濁度

2011年



つくばの冬季、  
 南極昭和  
 とほぼ同じ

2012年



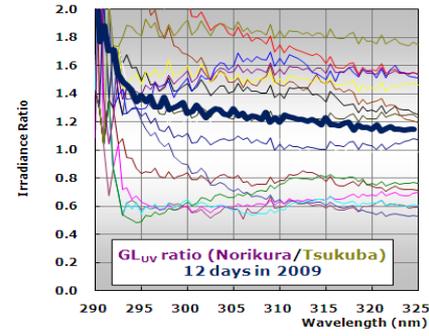
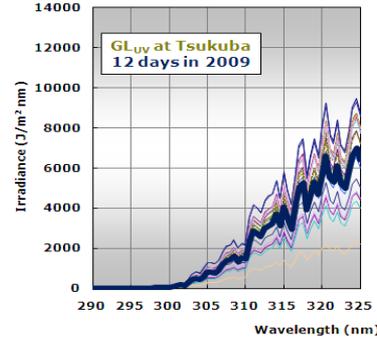
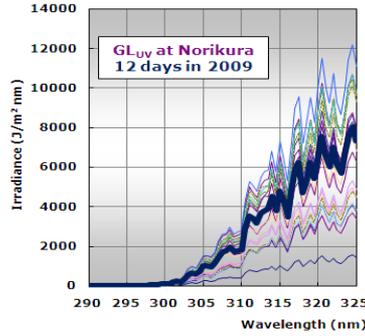
乗鞍

つくば

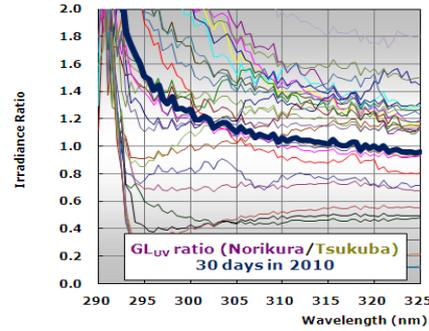
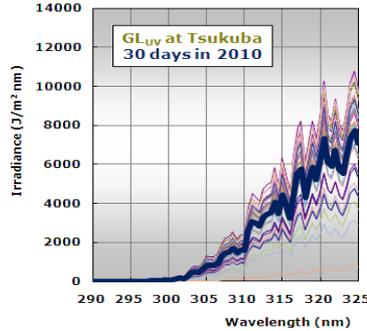
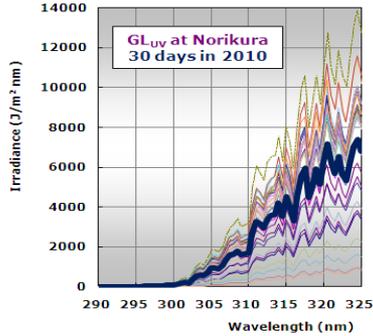
乗鞍 /

つくば

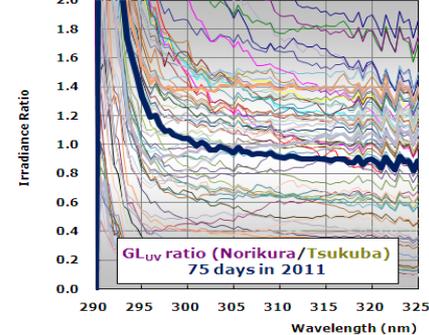
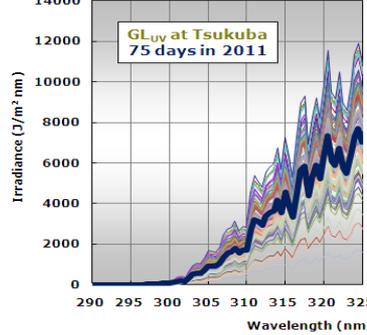
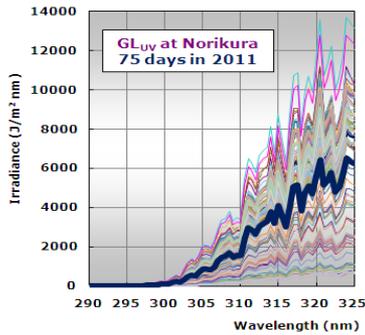
2009年



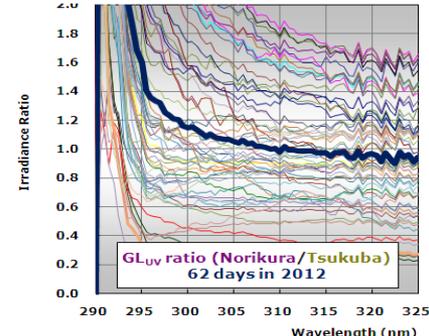
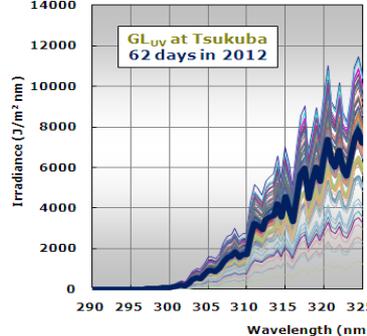
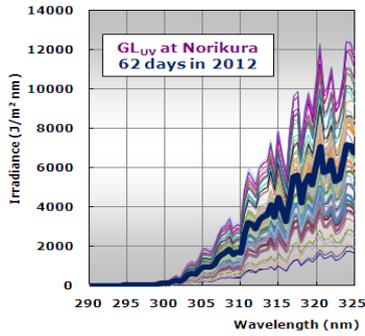
2010年



2011年



2012年



乗鞍における  
UVスペクトル  
2009 ~ 2012 年  
(重ね書き)

短波長帯ほど増加

# 観測結果のまとめ

[ ] : 観測日数

## ◆ オゾン全量・二酸化硫黄全量

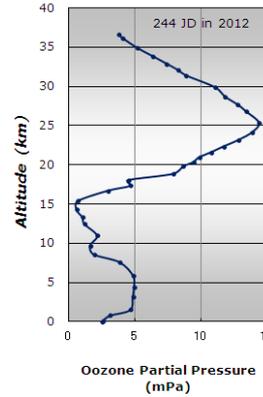
オゾン全量 dsO3

少ない 日変動が少ない

2009年 [16]  
2010年 [30]  
2011年 [75]  
2012年 [62]



オゾンゾンデ  
観測値と  
ほぼ一致



二酸化硫黄全量 dsSO2

4年間とも認められない

・ 観測用常数校正 … … … … … 可能 (8月下旬に安定した常数)

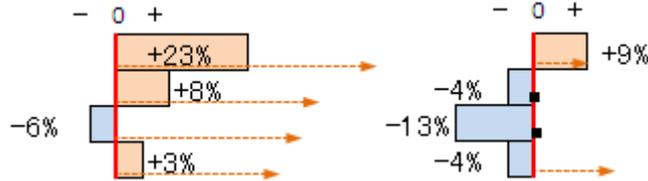
## ◆ 紫外線量 (CIE)

全天紫外線量 GLuv

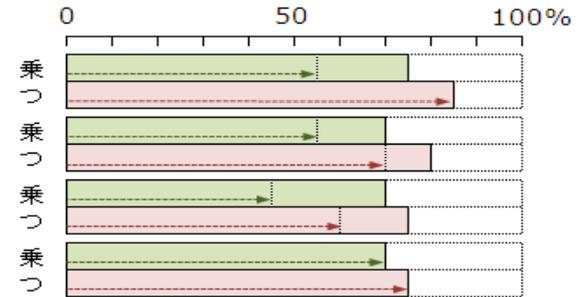
散乱紫外線量 DFuv

紫外線散乱率 D Fuv/GLuv

2009年 [12]  
2010年 [30]  
2011年 [75]  
2012年 [62]



→ (晴天日 : つくば夏至頃の年最大値以上)



→ (晴天日 : 観測例がないほど低い)

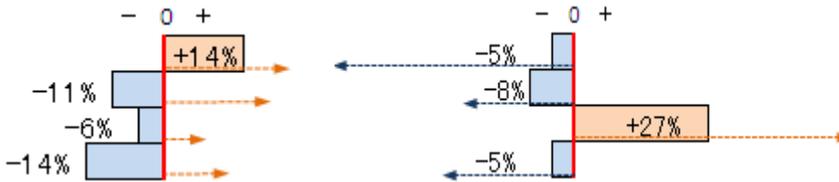
## ◆ 日射量

全天日射量 GLsl

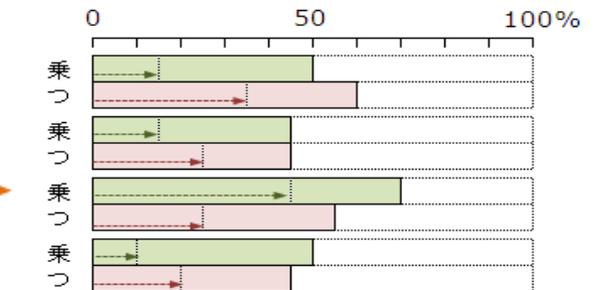
散乱日射量 DFsl

日射散乱率 D Fsl/GLsl

2009年 [12]  
2010年 [30]  
2011年 [15]  
2012年 [47]



→ (晴天日 : つくば夏至頃の年最大値)

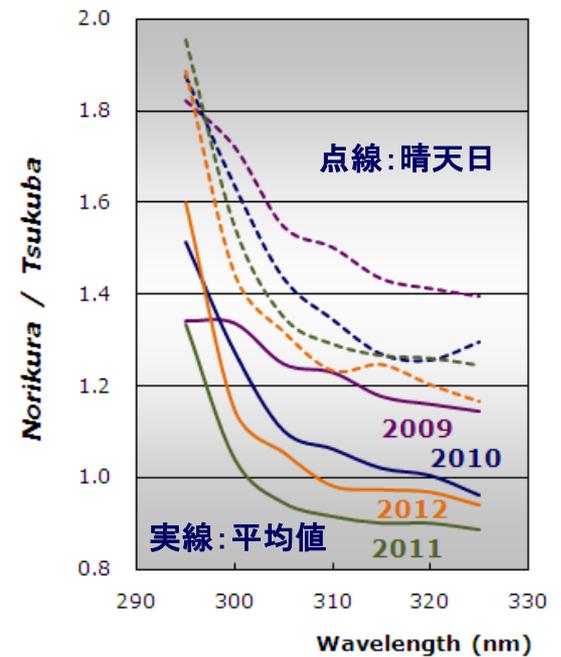


→ (晴天日 : つくば最低の冬季より低い)

◆ 波長別紫外線量 ・ 短波長帯ほど多い

2009年 [12]	例: 295nm +34 (+82)%	325nm +14 (+39)%
2010年 [30]	例: 295nm +51 (+88)%	325nm - 4 (+30)%
2011年 [75]	例: 295nm +34 (+95)%	325nm - 11(+24)%
2012年 [62]	例: 295nm +60 (+89)%	325nm - 6 (+17)%

( ):晴天日



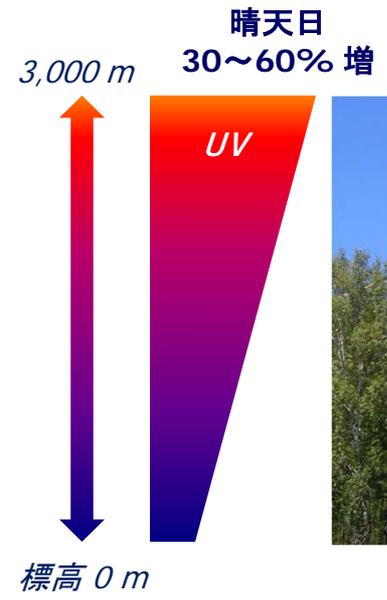
◆ 高度による紫外線増加率 (CIE)

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

( ):晴天日

要因

- ・オゾンが少ないこと
- ・エアロゾル等の散乱が少ないこと



## ◎ 研究結果のまとめ

- ◆ オゾン全量が少なく、日変化も少ない
- ◆ 晴天日にUV量が非常に多い(短波長ほど)
- ◆ UVの散乱率が低い

### 問題点

- ◇ 経年変化や季節変化
- ◇ 標高に対する精確なO<sub>3</sub>減少率・UV増加率  
----- ① ② ③

## ◎ アジア地区校正センターの可能性

- ◆ 可能
- ◆ 準器の常数を4年間確認

### 問題点

- ◇ 準器の常数の経年変化
- ◇ 常数校正技術の世界的な統一  
----- ① ② ④

## 今後の研究計画

### ① 観測の継続

UV・O<sub>3</sub>・SO<sub>2</sub>の経年変化  
観測用常数の経年変化

### ③ 詳細なデータ解析

精確な高地UV増加率  
対流圏O<sub>3</sub>の把握、衛星データとの比較等々

### ② 閉所期間における観測の試み

遠隔操作技術の開発  
太陽パネル等による電源供給技術の開発

### ④ 世界準器の常数校正に参加

世界的校正方法の統一  
校正技術の研究・開発