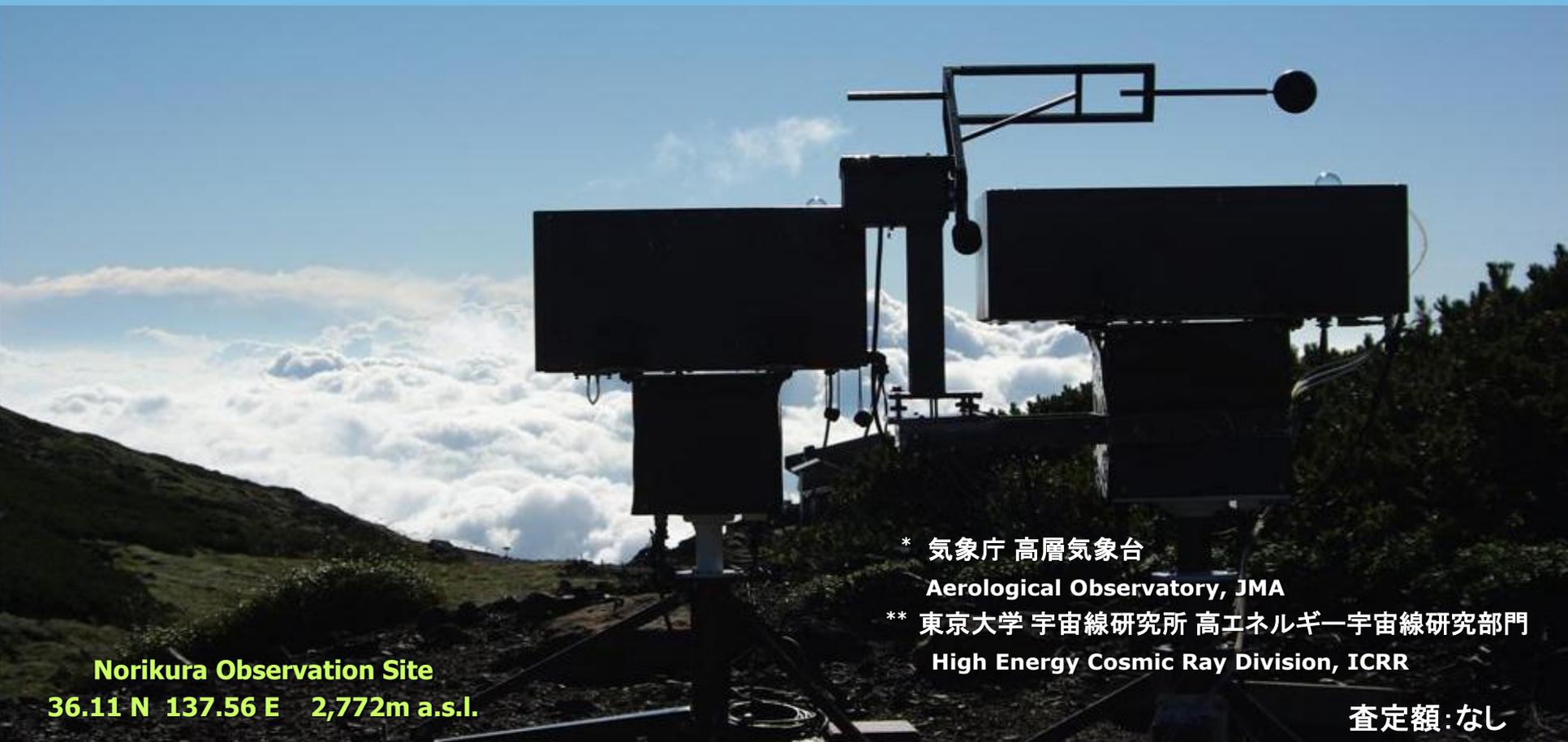


乗鞍岳におけるブリュワー分光光度計を使用した オゾン・紫外線の観測 2013年

Observations of total ozone and UV solar radiation
with Brewer spectrophotometer on the Norikura mountains in 2013

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

M. Ito *, I. Uesato *, Y. Noto *, O. Ijima *, S. Shimizu *, 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

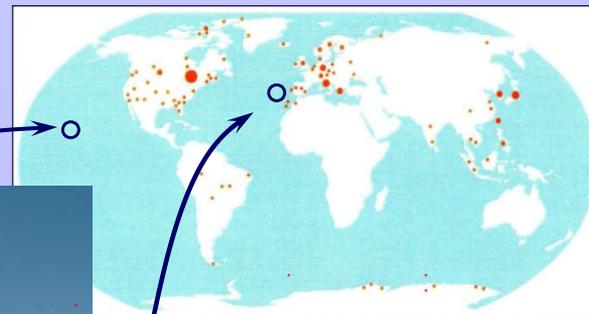
◆ 世界的に「高地の O_3 ・UV量」の詳細は不明

➡ 紫外線予測・気候モデルの高精度化・健康への影響



2009年～ 乗鞍観測所

36.11N 137.56E 2,772m



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、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 世界標準器の校正

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 → 約50

世界の測器数 → 約220

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 ・ SO_2 ・UV量を精確に把握
- 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

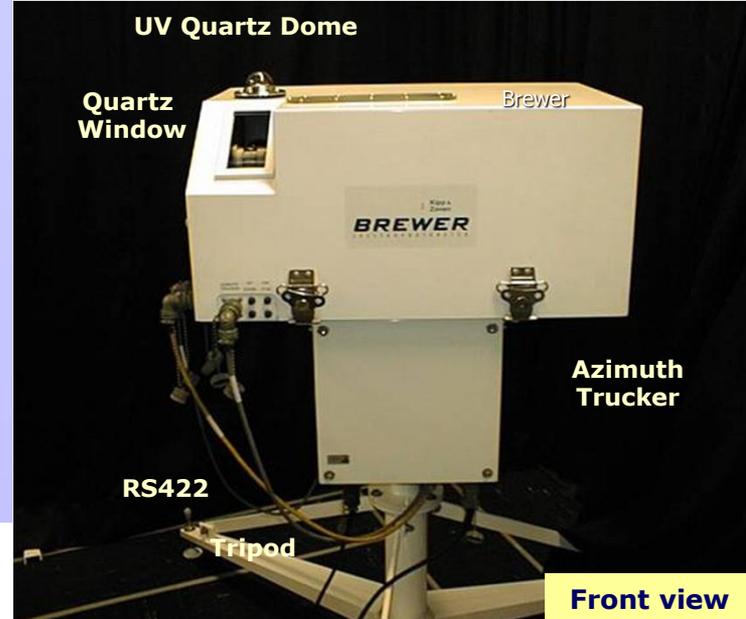


Photo. by Dr. A. Redondas, RBCC-E

ブルーワー分光光度計 MKIII

<観測の種類>

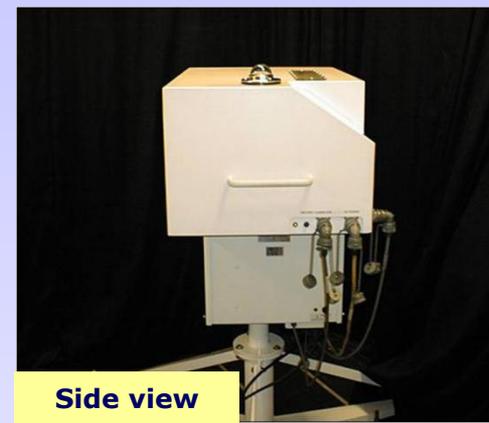
- ◆ **GLuv** <全天 波長別 UV量 Global UV radiation>
(290.0 - 325.0 nm /0.5nm) (286.5 - 363.0 nm /0.5nm)
- ◆ **ds O₃/ds SO₂** <直射光オゾン・二酸化硫黄全量 Total O₃ and SO₂>
- ◆ **zs O₃/zs SO₂** <天頂光オゾン・二酸化硫黄全量 Zenith sky total O₃ and SO₂>
- ◆ **UM** <反転観測(オゾン鉛直分布) Umkehr observations >
- ◆ **fmO₃/fmSO₂** <月光オゾン・二酸化硫黄全量 Focused moon total O₃ and SO₂>



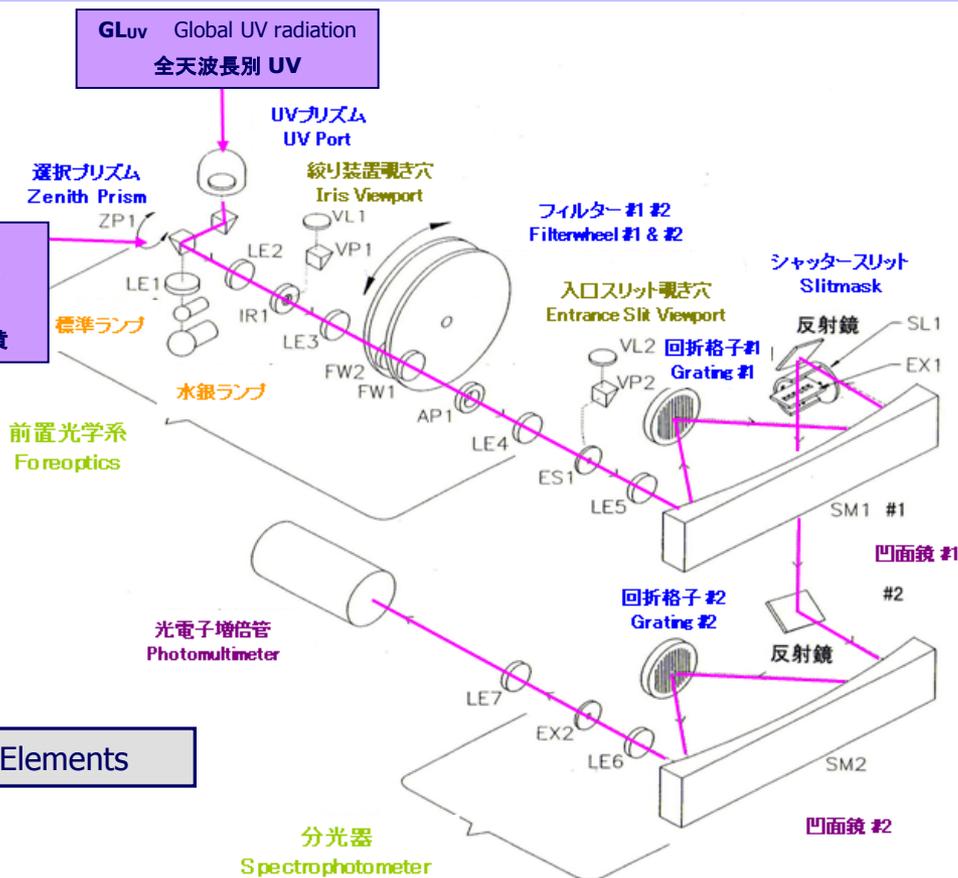
Front view

<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



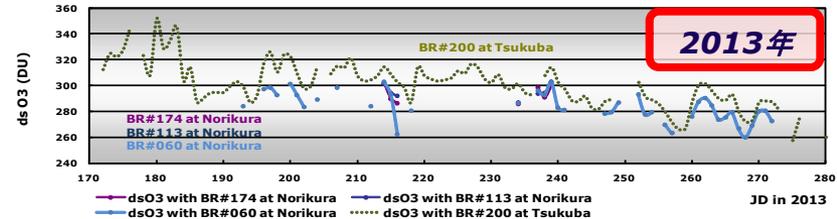
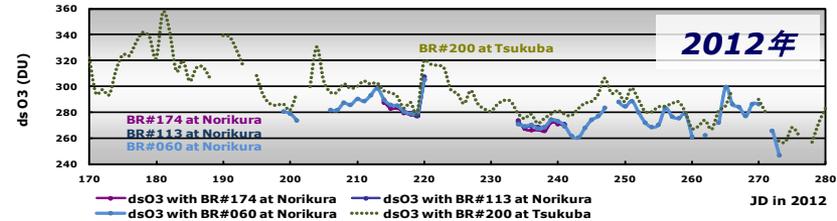
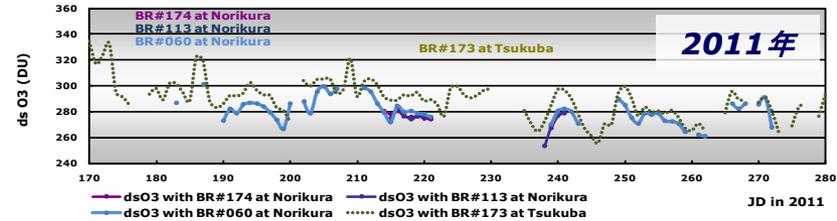
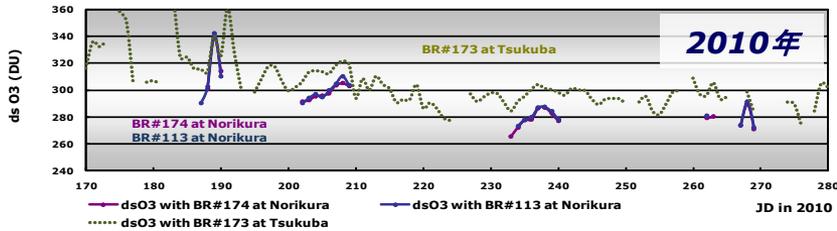
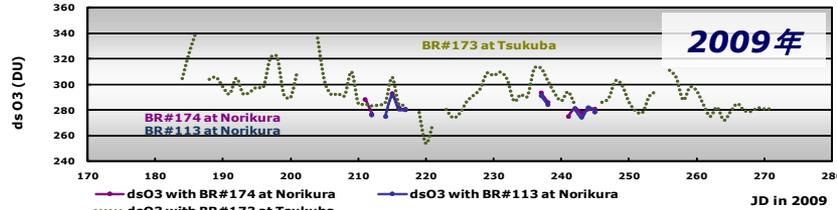
Side view



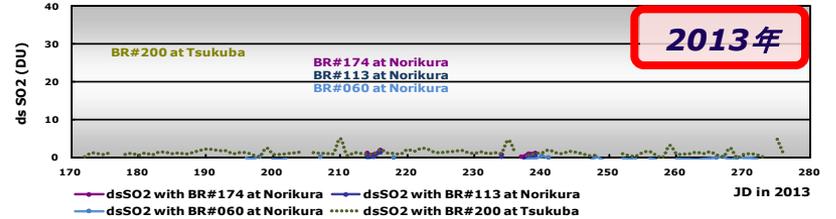
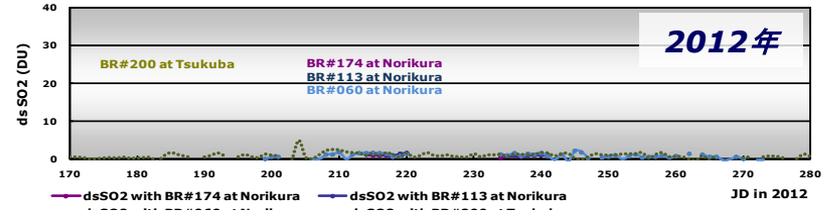
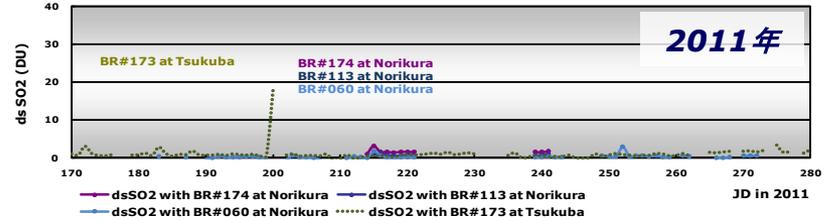
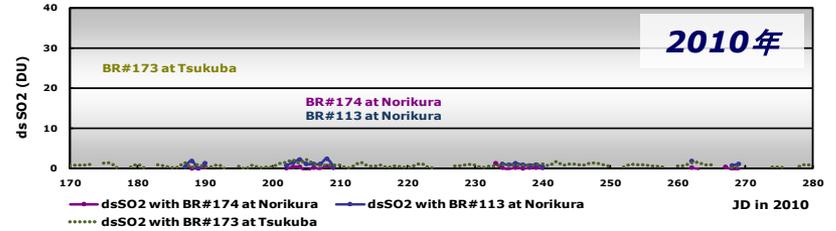
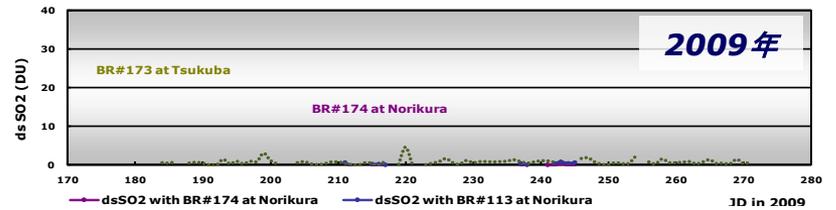
Optical Elements

乗鞍における O₃ 全量 と SO₂ 全量 日平均値 (2009 ~ 2013年)

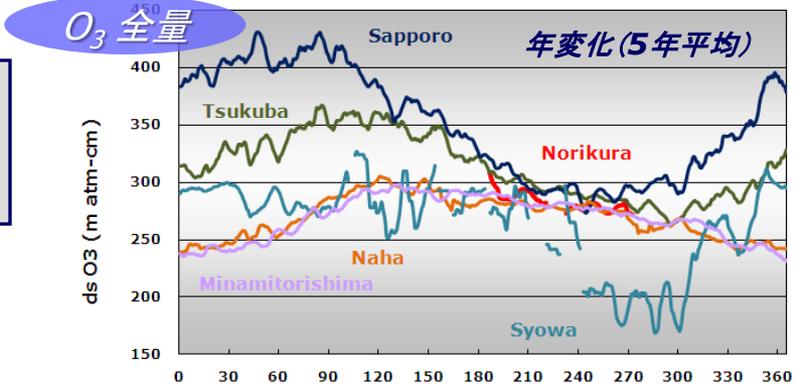
O₃ 全量



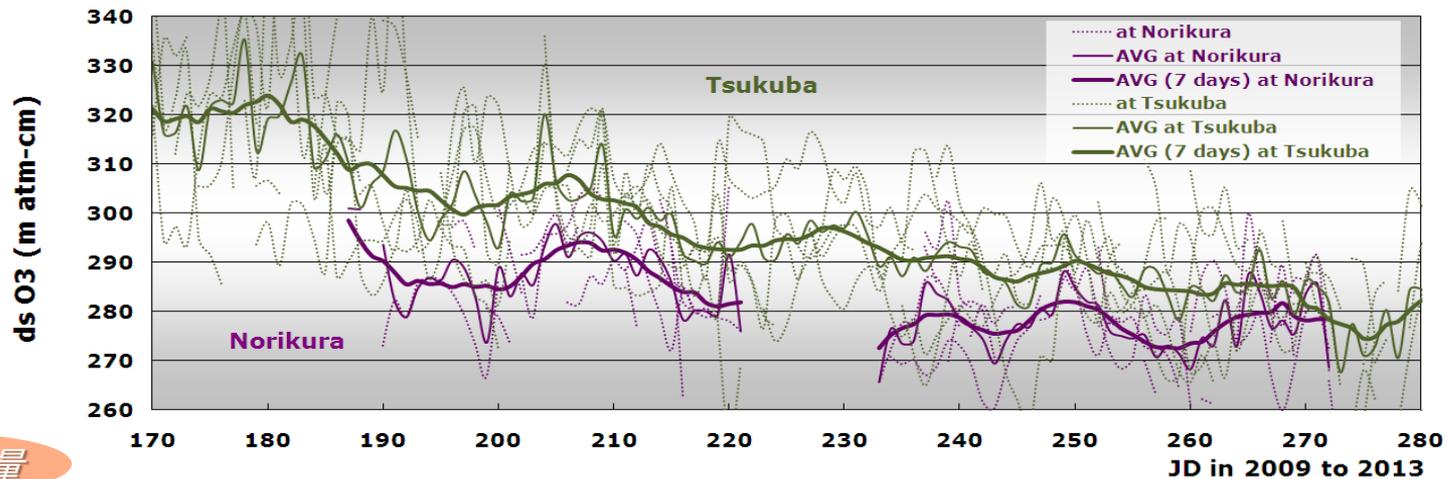
SO₂ 全量



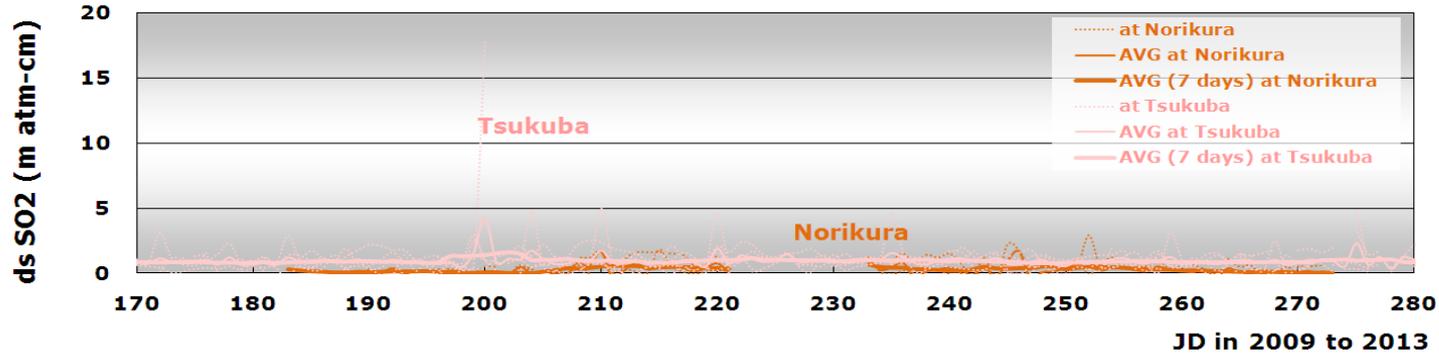
乗鞍における O₃全量 と SO₂ 全量 日平均値 5年間(2009 ~ 2013年)の推移



O₃ 全量



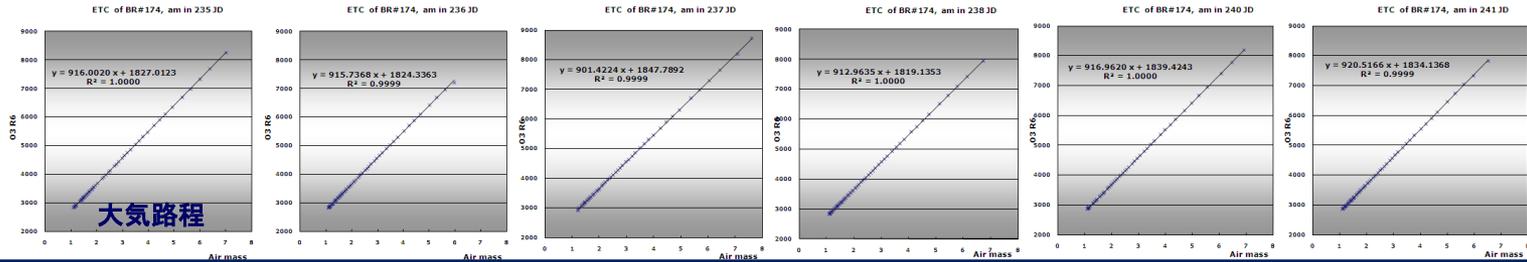
SO₂ 全量



	Norikura (m atm-cm)	Tsukuba (m atm-cm)	Difference to Tsukuba
ds O ₃	283.2	294.6	-3.9 %
ds SO ₂	0.2	1.0	-0.7 m atm-cm

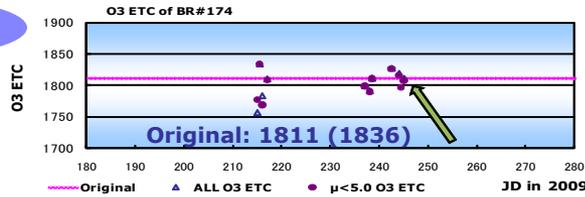
乗鞍における O₃・SO₂ 観測用常数 ETC (Extra-Terrestrial Coefficients) の絶対検定 2009 ~ 2013年

オゾン二重比

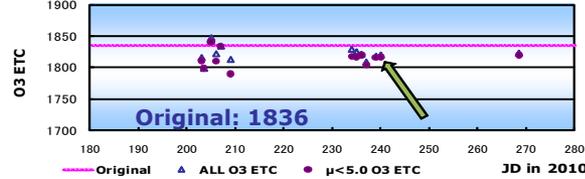


O₃ 全量

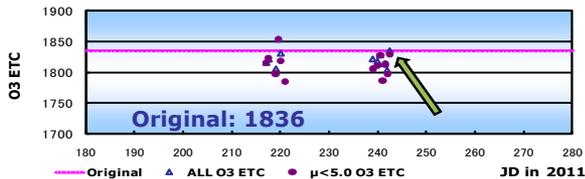
2009年



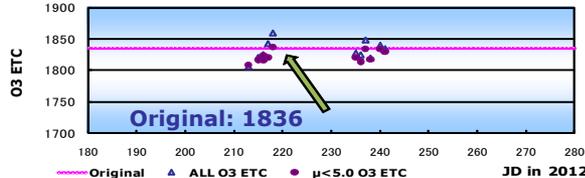
2010年



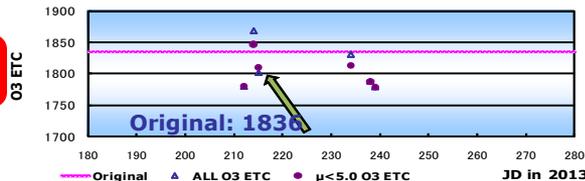
2011年



2012年

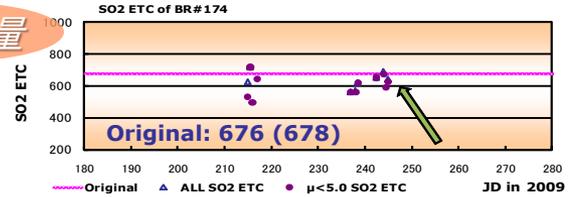


2013年

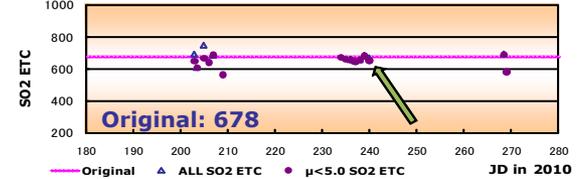


SO₂ 全量

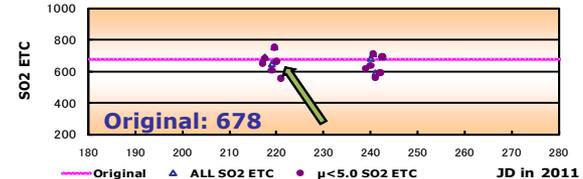
2009年



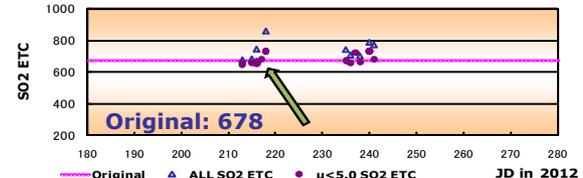
2010年



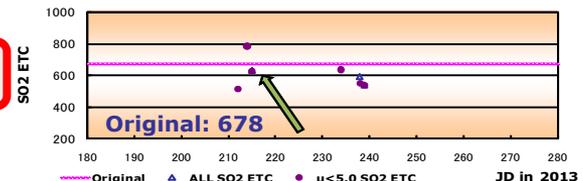
2011年



2012年



2013年

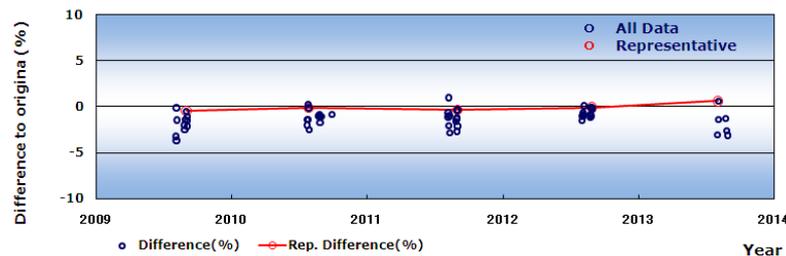
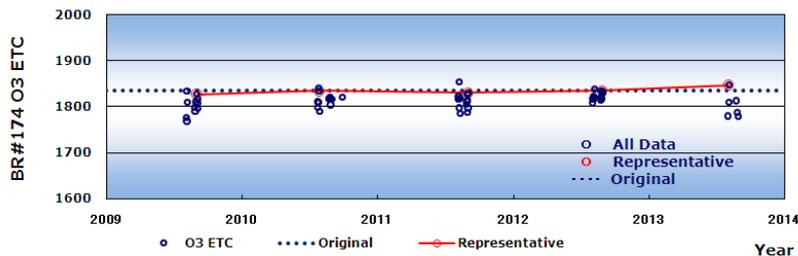


乗鞍における O₃・SO₂ 観測用常数 ETC (Extra-Terrestrial Coefficients) の絶対検定 5年間(2009～2013年)の推移

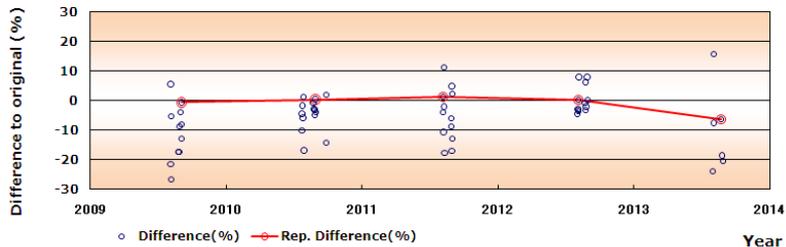
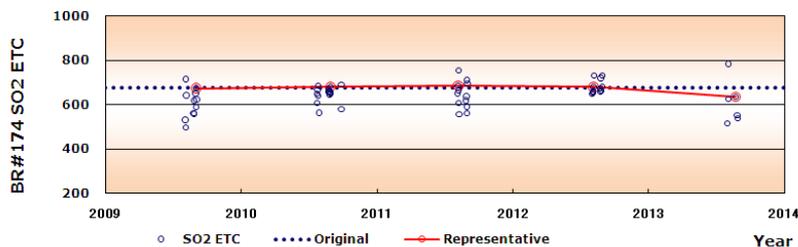
観測用常数 ETC

使用中の観測用常数との差(%)

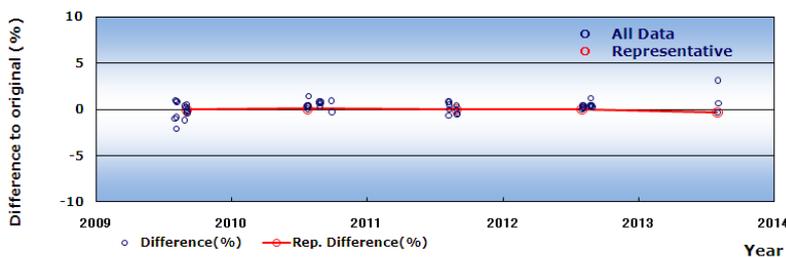
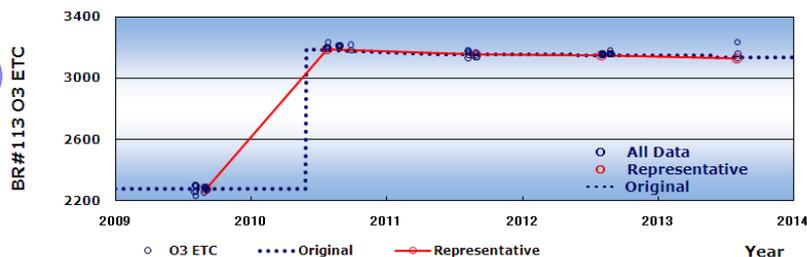
BR#174
O₃ ETC



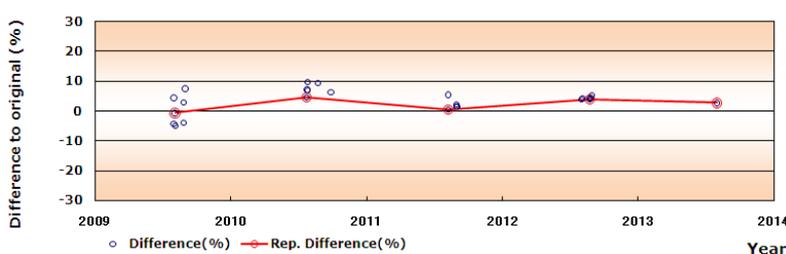
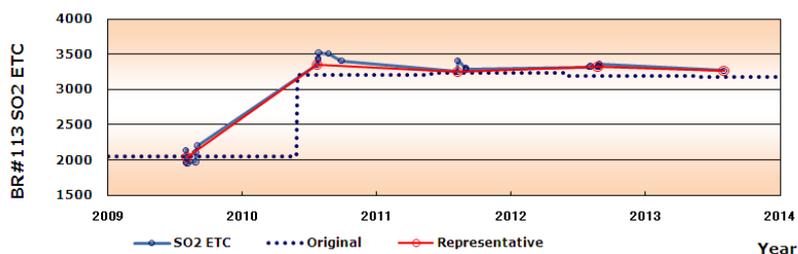
BR#174
SO₂ ETC



BR#113
O₃ ETC



BR#113
SO₂ ETC



乗鞍における UV(CIE)量と日射量の日積算値 2009～2013年

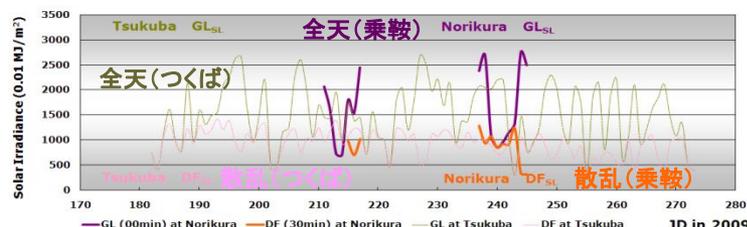
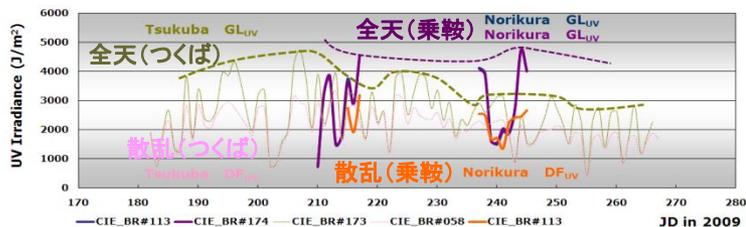
UV(CIE)量

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

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

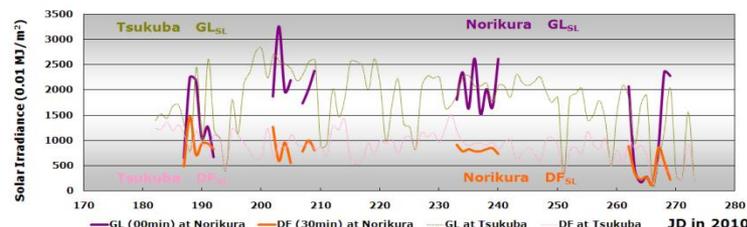
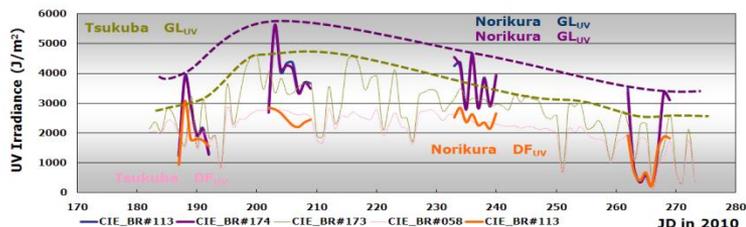
日射量

2009年



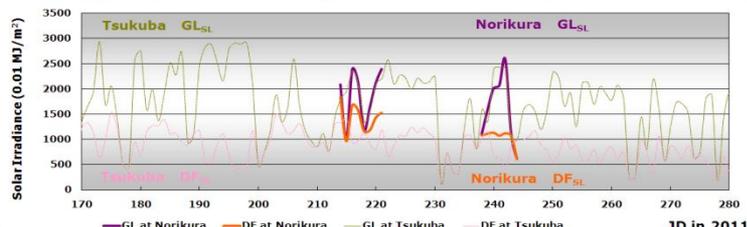
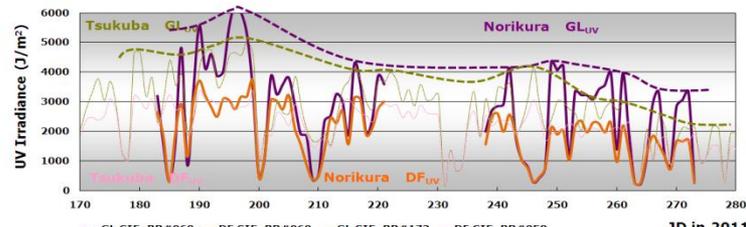
2009年

2010年



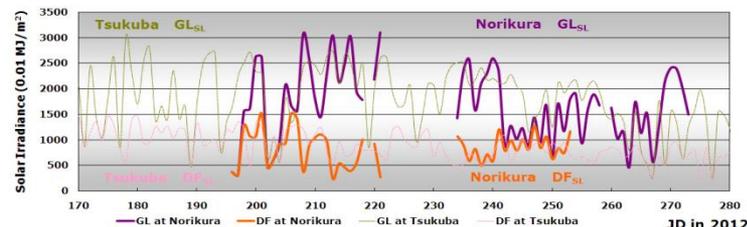
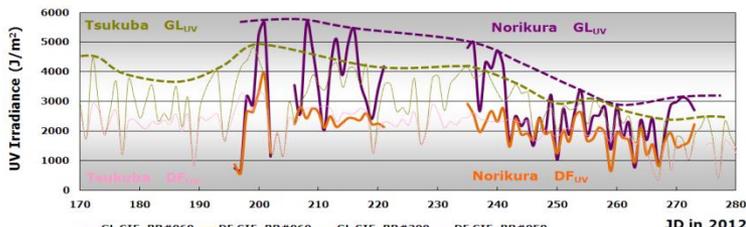
2010年

2011年



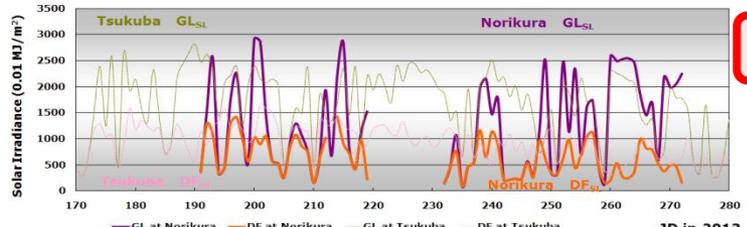
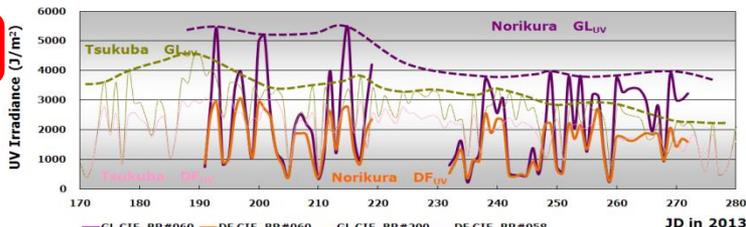
2011年

2012年



2012年

2013年



2013年

乗鞍における UV 散乱率 と 日射散乱率 2009 ~ 2013 年

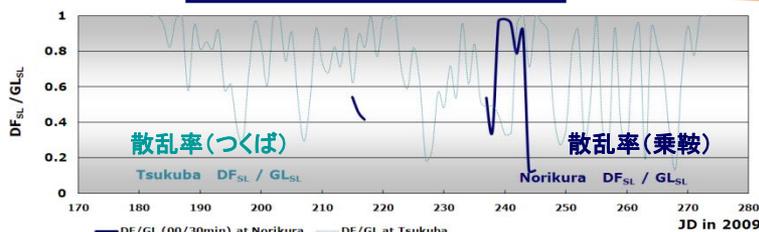
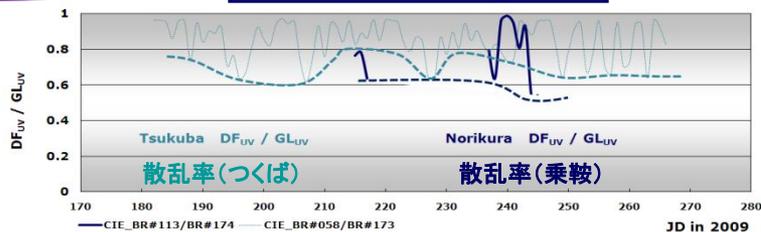
UV (CIE) 散乱率

UV 散乱率 Norikura
UV 散乱率 Tsukuba

日射散乱率 Norikura
日射散乱率 Tsukuba

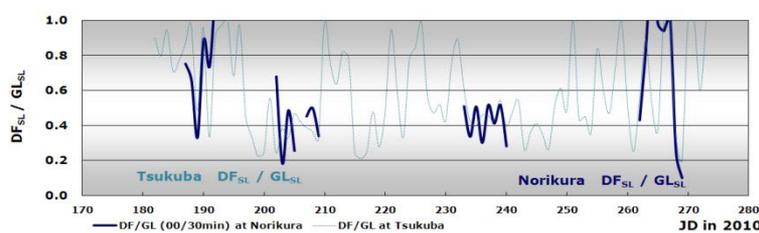
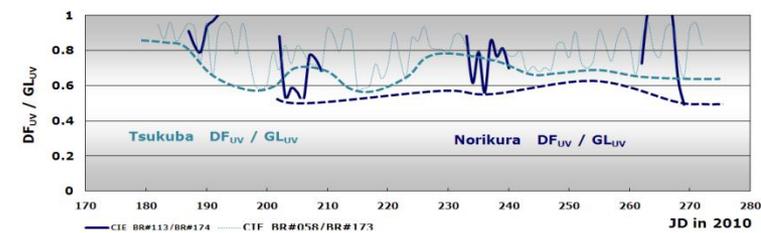
日射散乱率

2009年



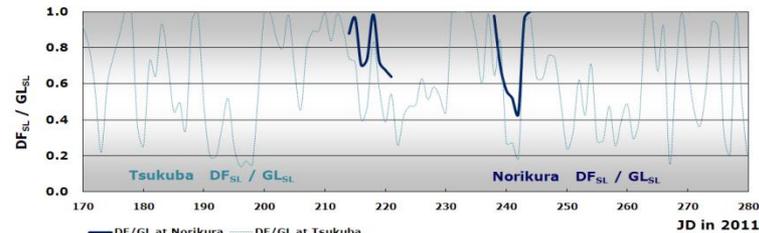
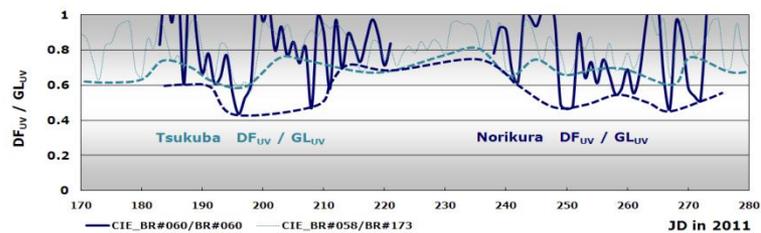
2009年

2010年



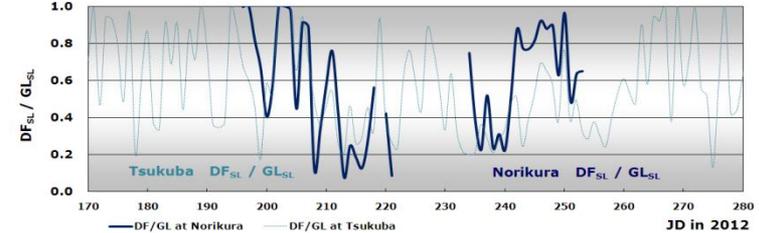
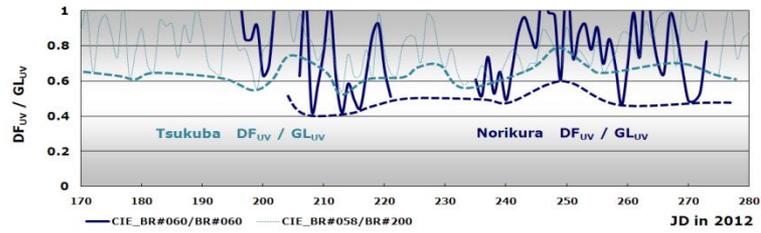
2010年

2011年



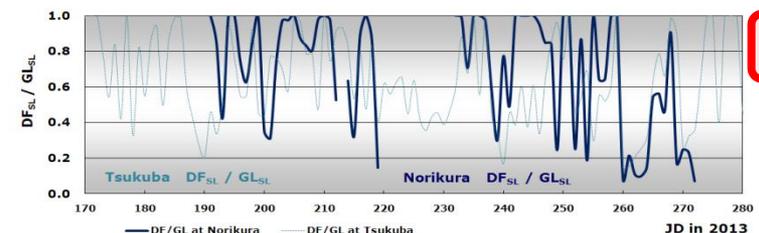
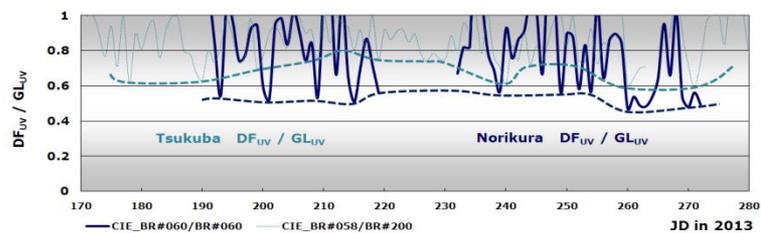
2011年

2012年



2012年

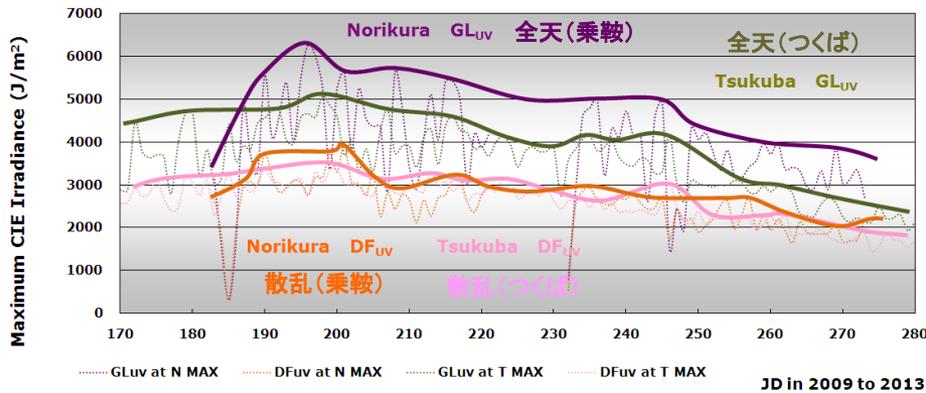
2013年



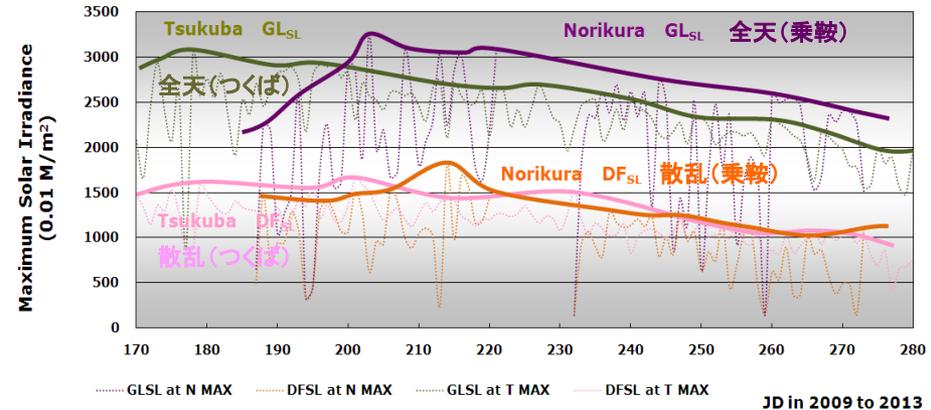
2013年

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5年間(2009 ~ 2013 年)の推移

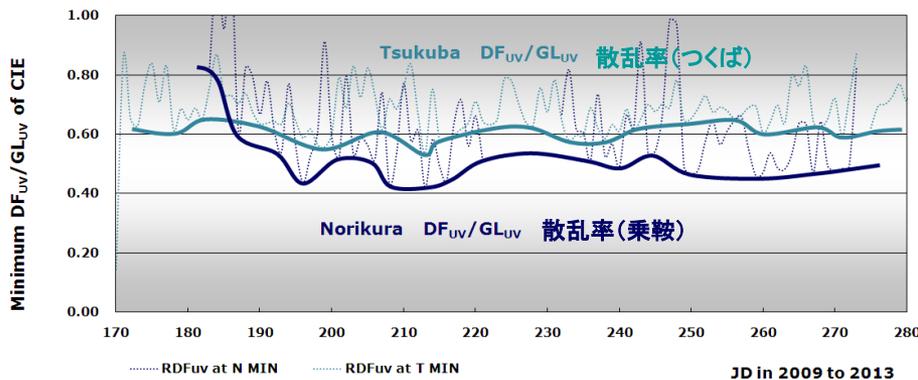
UV (CIE) 最大値



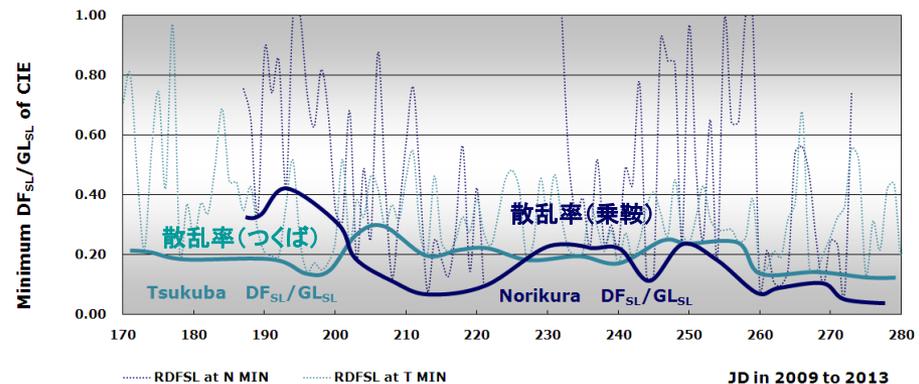
日射量 最大値



UV (CIE) 散乱率



日射散乱率



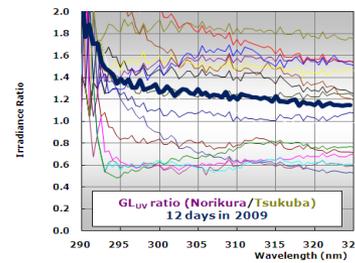
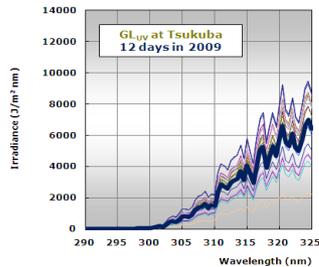
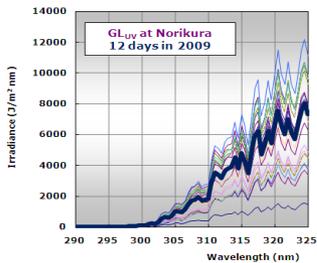
乗鞍

つくば

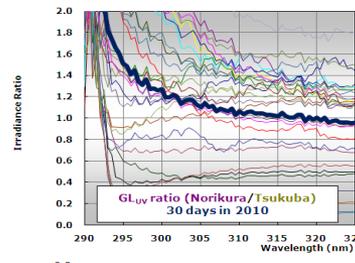
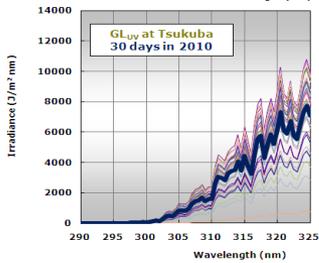
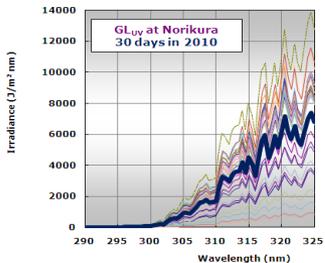
乗鞍 /

つくば

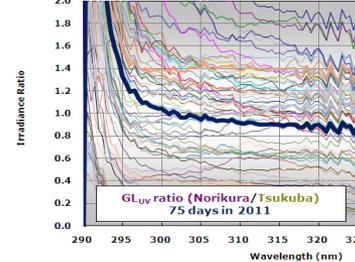
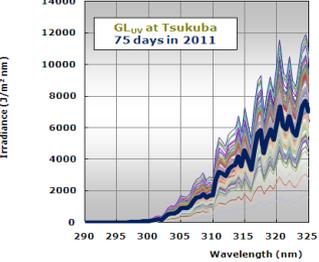
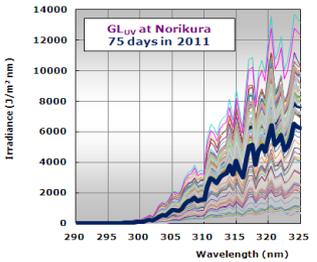
2009年



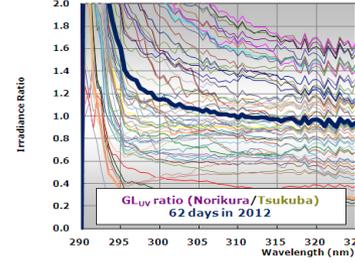
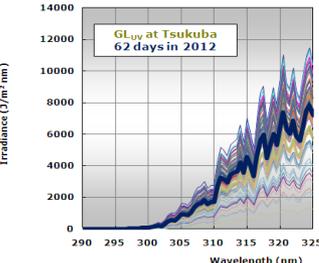
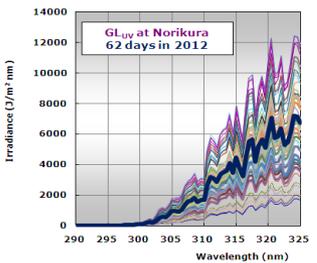
2010年



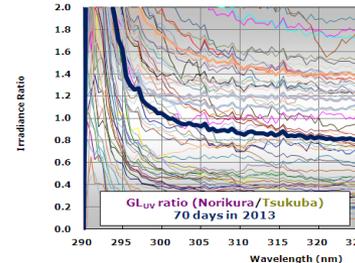
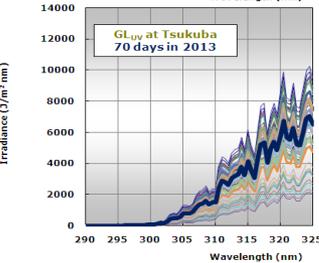
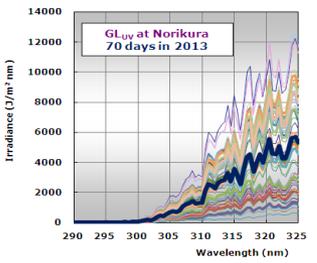
2011年



2012年



2013年



乗鞍における
全天UVスペクトル
2009 ~ 2013年
(重ね書き)

短波長帯ほど増加

乗鞍における 全天・散乱 UVスペクトル 5年間(2009 ~2013 年)の平均

乗鞍

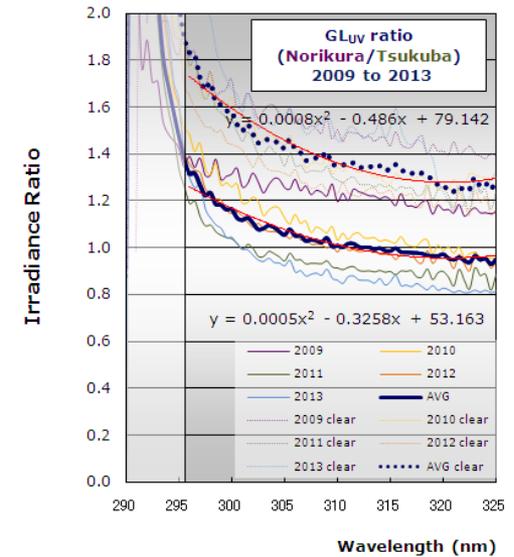
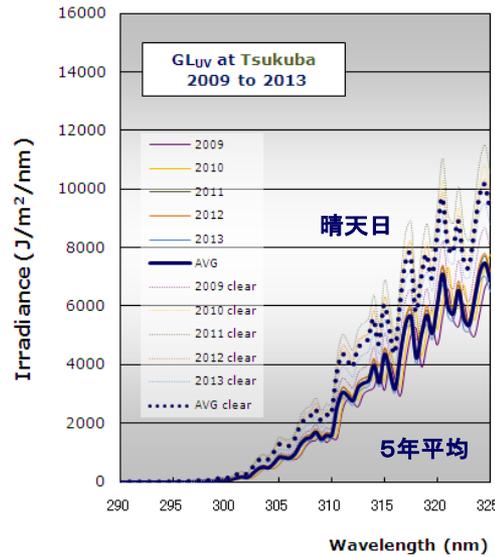
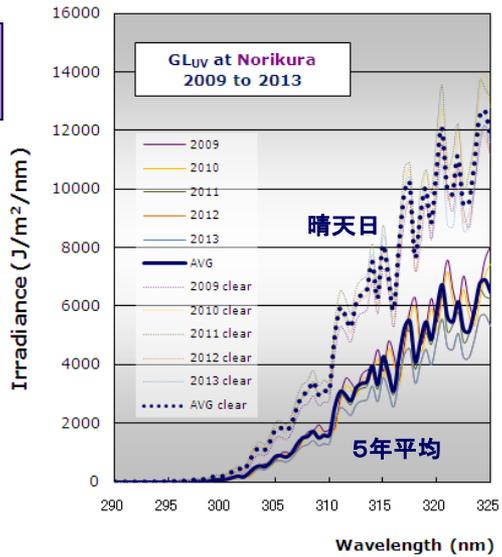
つくば

短波長帯ほど増加

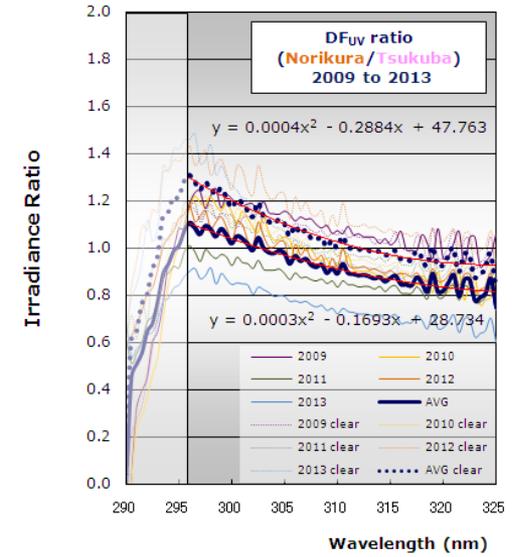
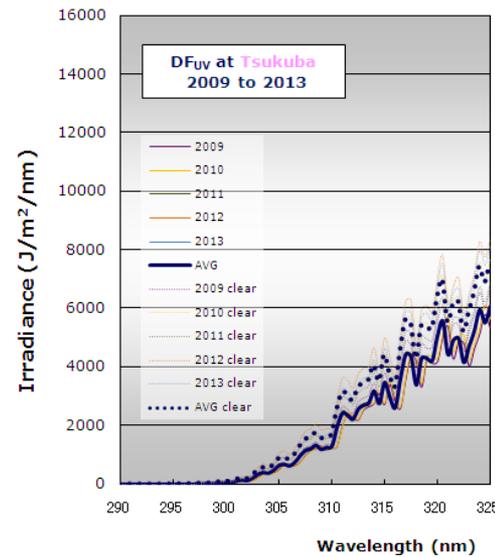
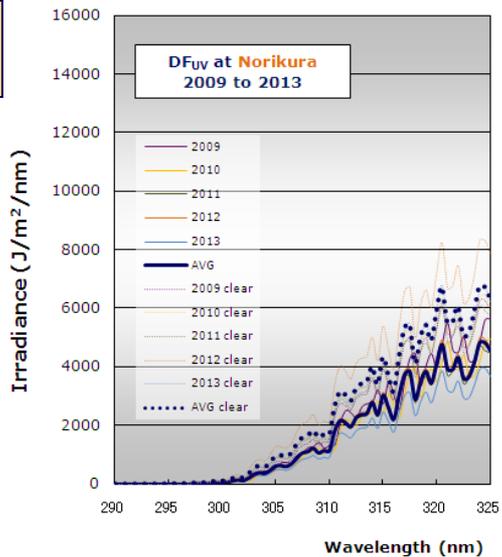
乗鞍

つくば

全天UV
スペクトル

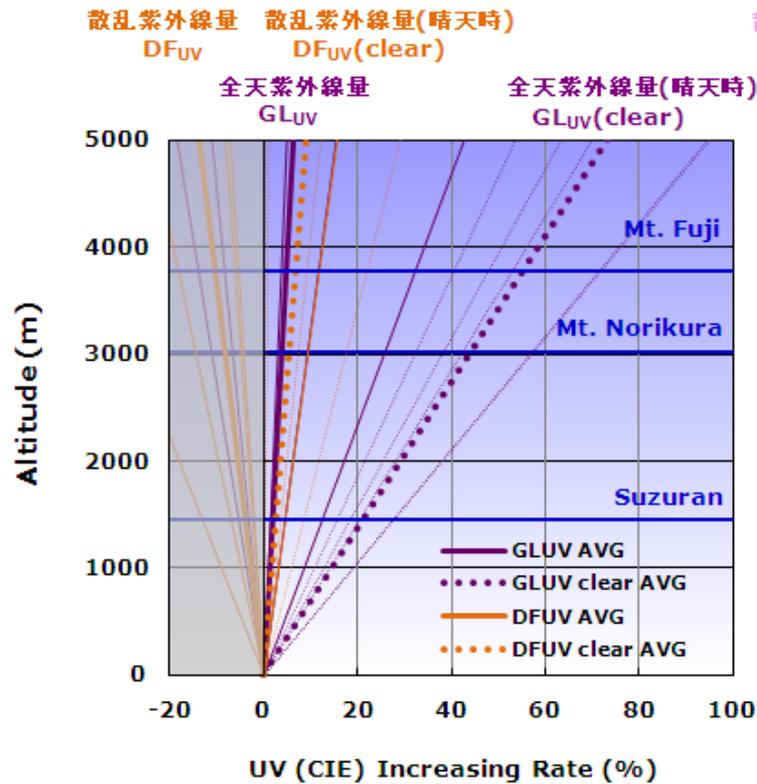


散乱UV
スペクトル

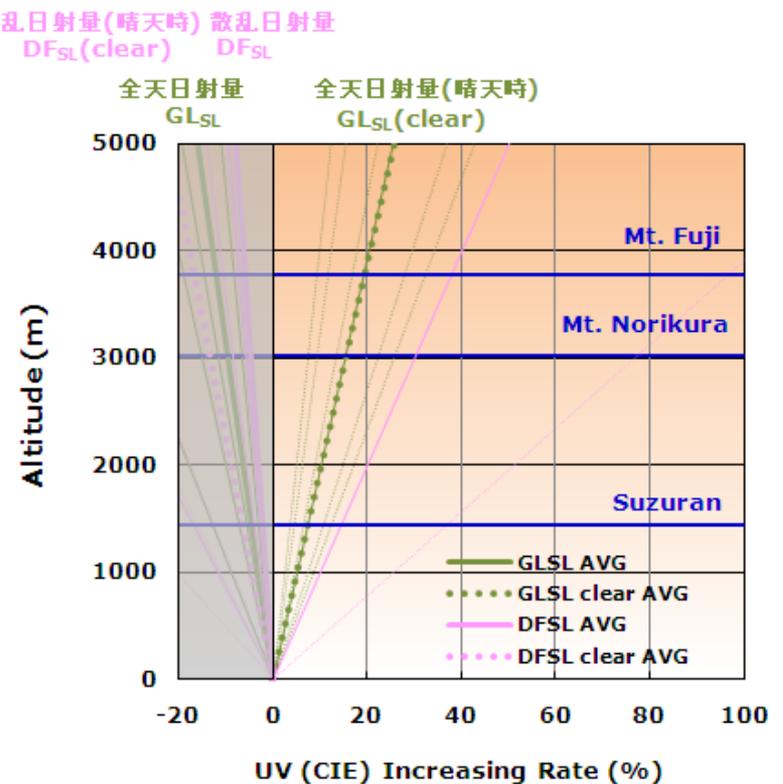


高度に対する紫外線量・日射量の増加率 (2009 ~ 2013年)

UV (CIE) 増加率



日射量 増加率



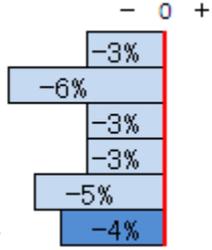
2009~2013年の研究成果

[] : 観測日数

◆ オゾン全量・二酸化硫黄全量

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

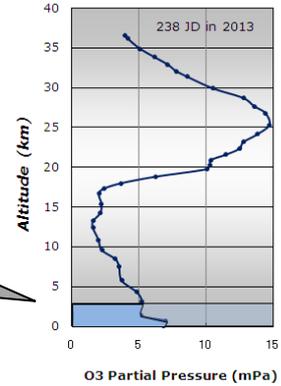
AVG



オゾン全量 dsO3

少ない 日変動が少ない

オゾンゾンデ
観測値(つくば)と
ほぼ一致



二酸化硫黄全量 dsSO2

5年間とも認められない

・ 観測用常数校正 ……………可能 (5年間ほぼ一定)

◆ 紫外線量 (CIE)

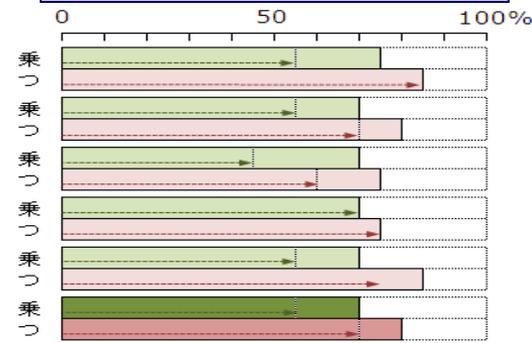
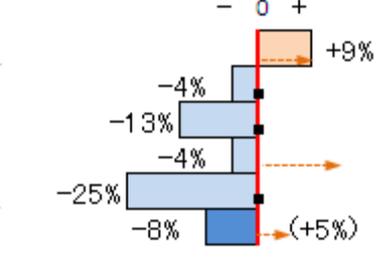
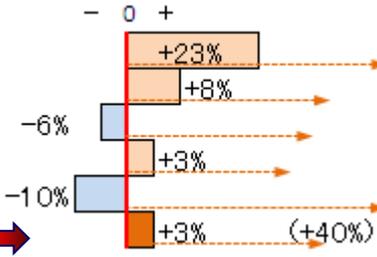
全天紫外線量 GLuv

散乱紫外線量 DFuv

紫外線散乱率 DFuv/GLuv

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

AVG



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

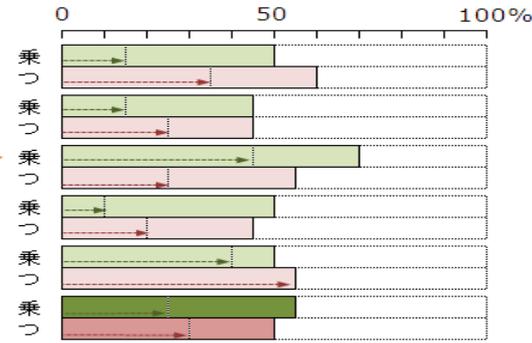
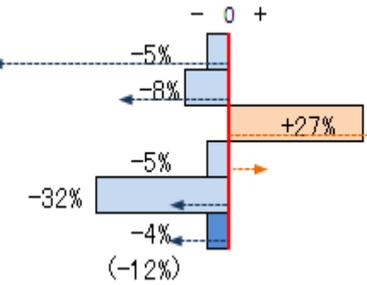
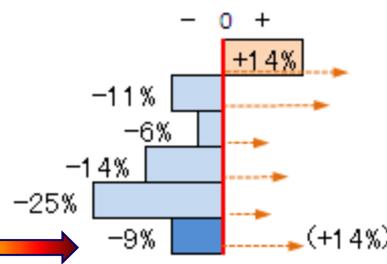
全天日射量 GLsl

散乱日射量 DFsl

日射散乱率 DFsl/GLsl

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

AVG



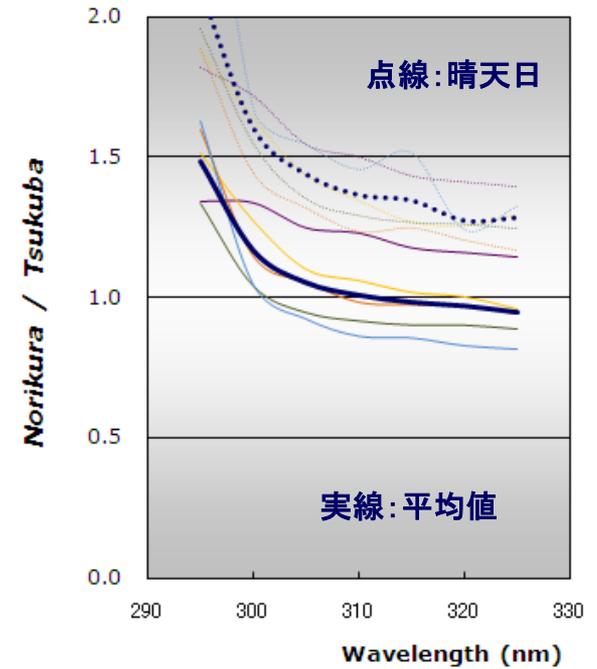
晴天日 : つくば夏至頃の年最大値

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: 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)%
2012年 [70]	例: 300nm + 5 (+67)%	325nm -18 (+33)%
AVG →	例: 300nm +16 (+58)%	325nm - 5 (+28)%

():晴天日



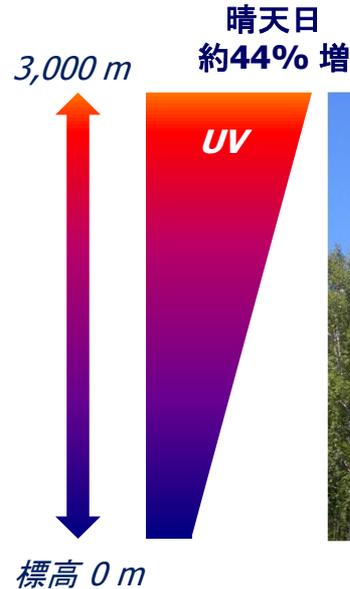
◆ 高度による紫外線増加率 (CIE)

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
2013年 [70]	-3.7 (+19)% / 1,000 m
AVG →	+1.3 (+15)% / 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



2009～2013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 ② 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 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

- 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