

・ 太陽紫外線の状況

1．太陽紫外線の観測

オゾンは紫外線を吸収する性質があり、成層圏オゾンが減少した場合、有害な紫外線（UV-B：波長 280～315nm^{*}）の地上への到達量が増加することが考えられる。UV-B は、核酸などの重要な生体物質に損傷をもたらす、皮膚がんや白内障の増加、さらに免疫抑制など人の健康に影響を与えるほか、陸域、水域生態系に悪影響を及ぼすことが懸念される。このため、UV-B 量や紫外線の人の健康に与える影響が波長によって異なることを考慮して算出した紅斑紫外線（CIE）量^{**}の長期的な変動の傾向を測定し、把握する必要がある。

気象庁では、1990年1月からつくばにおいて、また、1991年1月から札幌、鹿児島^{***}、那覇において、波長別紫外線観測を開始し、現在、札幌、つくば、那覇において実施している。また、国外では、南極昭和基地において1991年から観測を実施している（1991～1994年1月は試験観測）。各地点のUV-B日積算値を求め、太陽紫外線が天候（雲量）、オゾン全量、大気混濁度等によりどのような変化を受けているのか年次的解析がなされている。

2．世界の太陽紫外線の状況

（1）世界の太陽紫外線の状況について

衛星観測手法は、紫外線量の地理的な違いを評価するのに有用である。この観測により、紫外線量、紫外放射などのデータが利用できるほか、雲の影響のあるなしによる比較を行うことも可能である。地上での波長別紫外線データは、1990年代初期から記録されており、その質、量、利用可能性とも改善され続け、これらのデータはインターネットを通してほぼリアルタイムで提供されるようになっている。

オゾン量の減少に伴う紫外線量の増加は、ヨーロッパ、南北アメリカ、南極大陸、ニュージーランドなど多くの地点で観測されており、南北両半球の中・高緯度域にある10箇所以上の地点における観測からは、紅斑紫外線量が1980年代前半より6～14%増加したと報告されている（WMO, 2003）。地上の最大紫外線量の長期的な増加が数か所で認められ、その増加率はモデルを使った計算結果とも一致している（WMO, 2003）。しかしながら、観測データを用いた地球規模の地上での変動については、統計的に有意な長期的傾向を得ることはできていない（UNEP, 2003）。

図41は、2005年12月29日正午の世界の紅斑紫外線量を示す。地上に届く紫外線の量は緯度によって異なり、一般に緯度が高くなるにつれて紫外線量は減少する。

* nm（ナノメートル）：10億分の1メートル

** 紫外線の人の健康への影響度が短波長側で強いという特徴を考慮し、全体としての影響の大きさを評価するために国際照明委員会によって提唱された尺度。紅斑紫外線とは、皮膚に赤い日焼け（紅斑）を生じさせる紫外線のこと。波長別の紫外線強度にCIE作用スペクトル（p.66脚注参照）の重みを乗じて波長積分して求める。

*** 鹿児島における紫外線の定常観測は、2005年3月をもって終了した。

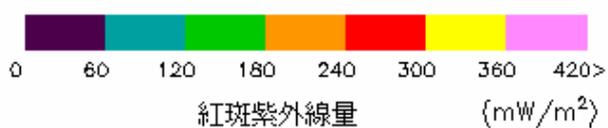
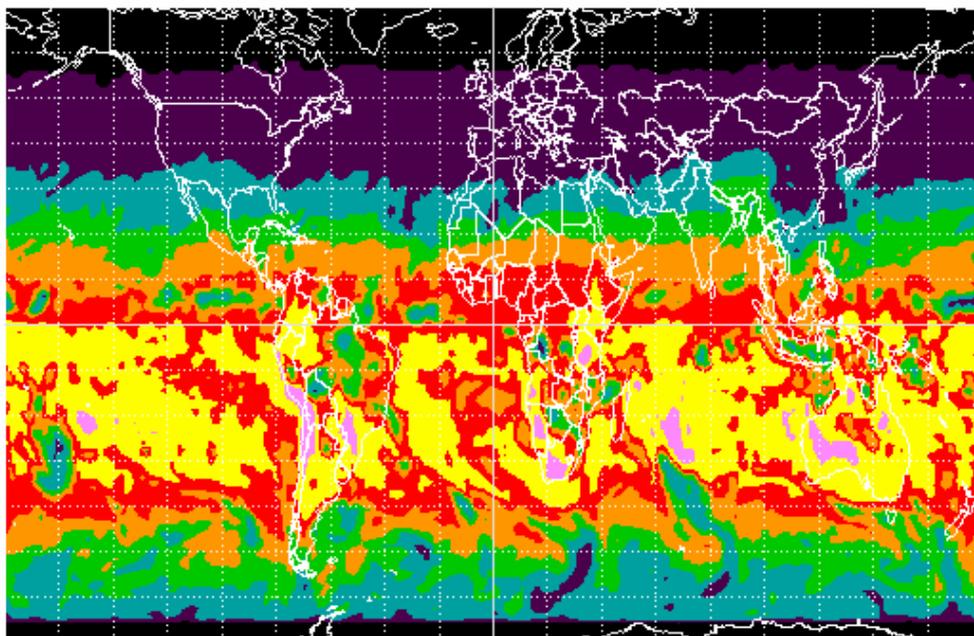


図 41 世界の紅斑紫外線量 (2005 年 12 月 29 日正午)

(出典) NASA ウェブサイトより引用 (http://toms.gsfc.nasa.gov/index_v8.html)

(2) 南半球中緯度の太陽紫外線の状況

南極大陸や南半球中緯度のニュージーランドにおいては、オゾン全量の減少に起因して UV 照射量が春季から夏季にかけて増加する傾向が継続している (UNEP, 2003)。

図 42 には、ニュージーランド・ローダーにおけるオゾン量と UV インデックス (UV 指数)* の推移を示す。この図によれば、オゾン量の減少に伴い、UV インデックスの値が増加していることが分かる。1999~2000 年の夏の UV インデックス値は、1998~1999 年の夏よりも低下したが、オゾン量がやや多かったことや、曇りの日がよく見られたことなどが原因と考えられる。

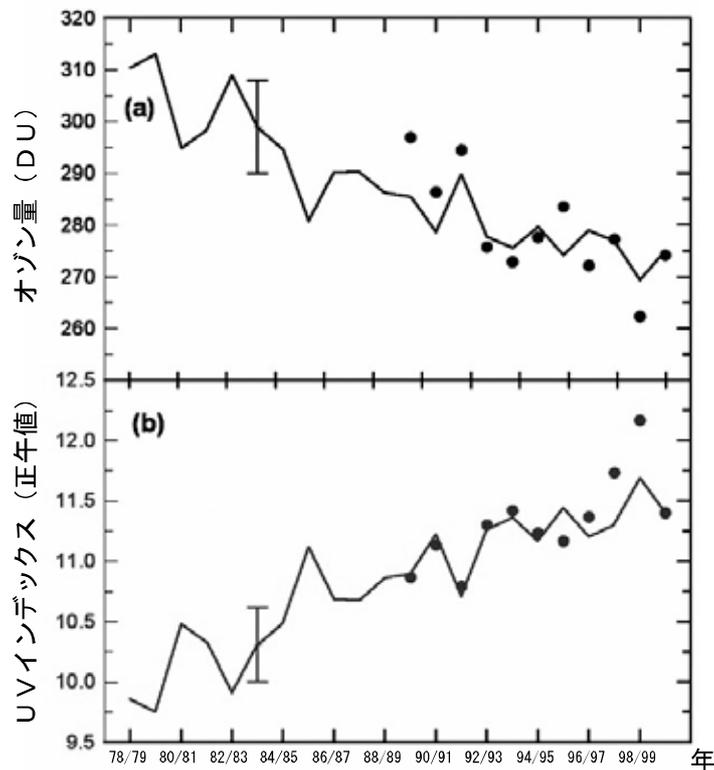


図 42 ニュージーランドのローダーにおける夏期のオゾン量と紫外線量

1978-79 年から 1999-2000 年のニュージーランド・ローダーの各年の夏期 (12~2 月) のオゾン量の平均値 (上段 a) と、推定される UV インデックスの値 (下段 b) を示す。上段 a の実線は、1970 年以降の夏期のオゾン量の推移を示し、下段 b の実線はそれらのオゾン量の推移から推定される晴天時での紫外線量の推移である。1989-90 年からの は測定値で、オゾン量と夏期の UV インデックスの最大値である。両者とも紫外線分光照射計による測定。

(出典) Environmental Effects of Ozone Depletion and its Interactions with Climate Change: 2002 assessment (UNEP, 2003)

* 国際的に合意された尺度として、紅斑 (皮膚の赤みや日焼け) 作用の重みを乗じた UV 日射量 (CIE 紫外線量) を指数化したものである。詳しくは第 3 部参考資料 紫外線の特性及び影響 (p.90) 参照。

3 . 南極域の太陽紫外線の状況

図 43 に観測開始（1991 年）から 2005 年までの南極昭和基地での UV-B 波長域の積算量である UV-B 日積算値の推移を示す。これによると、UV-B 日積算値は毎年 11 月から 12 月にかけて最大となるが、その最大値は年により大きく異なっており、その年のオゾンホール規模や消滅時期に大きく左右されている。

図 44 には、2005 年 8～12 月の紅斑紫外線日積算値とオゾン全量の推移を示した。紅斑紫外線量の算出においては、観測した波長別の紫外線日射量（290～325nm）に、皮膚に対する波長別の相対影響度である CIE 作用スペクトル*の重みを掛けて積分し、観測していない 325nm から 400nm は、324nm の観測値を基に推定した。極夜の明けた後の 8 月から 12 月にかけて南中時の太陽高度が高くなることと日照時間が長くなることに伴い、全天日射量は増加し、12 月に最大となっている。それに対応して紫外線量も増加している。紫外線量は、天気の変化に伴い、全天日射量と対応して変動しているが、10 月後半から 12 月の初めにかけては、それ以上にオゾン全量の変動の影響を大きく受けて変動している。2005 年の紅斑紫外線日積算値の最大値は、全天日射量が最大になるよりかなり早い 11 月 29 日に観測された（6.21kJ/m²）。なお、その日の最大 UV インデックスは 8.7 であった。紅斑紫外線量の最大値が、全天日射量が最大になるよりかなり早い時期に最大となる理由としては、昭和基地上空では 11 月から 12 月にかけてはオゾンホールの崩壊時期にあたり、早い時期ほどオゾン全量が少ないことが挙げられる。

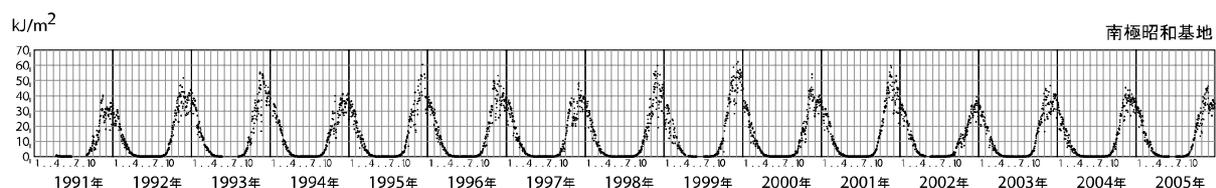


図 43 観測開始（1991 年）から 2005 年までの南極昭和基地の UV-B 日積算値の推移
（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2005

* 国際照明委員会（CIE）が定義した皮膚に対する影響の波長別相対強度を表すもの。対象とする生物、その他の物質によって作用スペクトルは異なる。詳細は第 3 部参考資料 太陽紫外線の特性及び影響（p.90）参照。

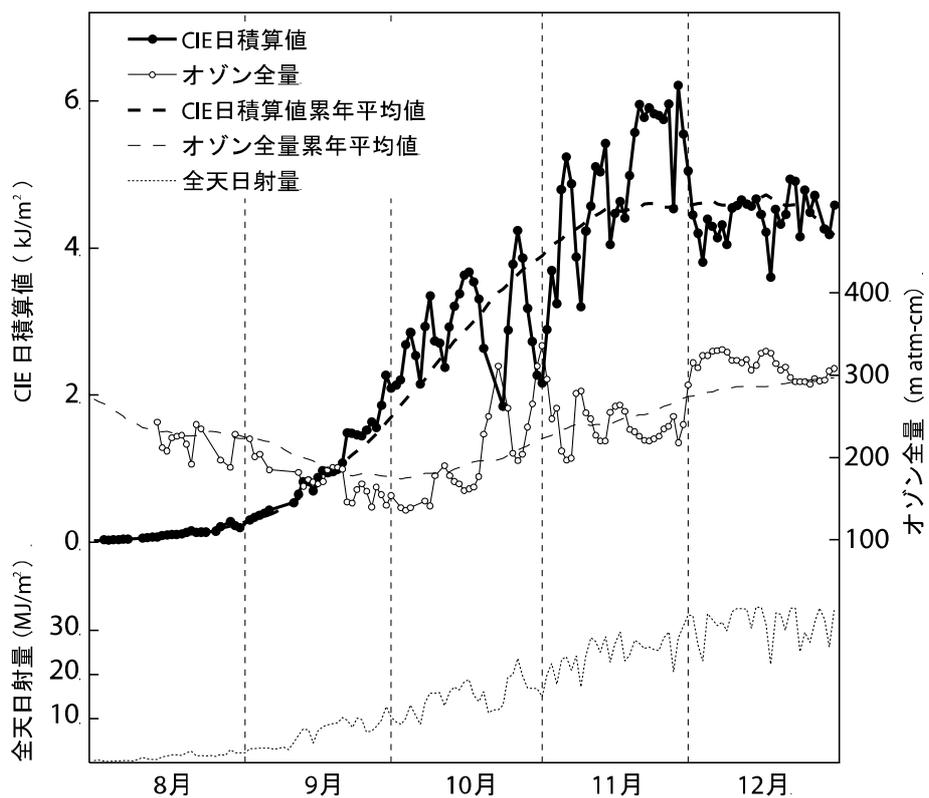


図 44 2005 年の南極昭和基地の紅斑紫外線日積算値とオゾン全量の推移

太実線は紅斑紫外線日積算値、細実線はオゾン全量、太破線は紅斑紫外線日積算値累年平均値の 15 日移動平均、細破線はオゾン全量累年平均値の 15 日移動平均、点線は全天日射量。ここでの累年平均値は紅斑紫外線、オゾン全量共に 1993 年から 2004 年までの平均値。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2005

4. 我が国の太陽紫外線の状況

(1) 日本上空の太陽紫外線の状況

気象庁の行った国内4観測地点（札幌、つくば、鹿児島、那覇）における2005年の1月から12月までのUVインデックスの日最大値を図45に示す。観測値が日々ばらついていっているのは主に天気の影響によるものである。なお、鹿児島での観測は2005年3月末で終了した。環境省では、UVインデックスに応じた紫外線の対処方法を指導しているが*、何らかの紫外線対策が奨められているUVインデックス3以上の値が出現したのは、那覇では1年を通して、札幌では3月から10月の期間であった。また、外出を控えるなどの対策が奨められるUVインデックス8以上の日が出現したのは、札幌では6~8月の数日間、つくばでは5~9月の期間、那覇では3~10月の期間であった。特に、那覇では4~9月に月の半分以上がUVインデックス8以上となっている。

図46には、2005年の紅斑紫外線日積算値の月平均値を示す。参照値（1991（つくばは観測開始の1990）~2004年の月平均値）と比較すると、札幌とつくばでは、札幌の4月に少なかったことを除くと、1年を通して参照値並かそれより多かった。一方、那覇では10、11月を除くと1年を通して参照値並かそれより少なかった。図には示さないが、全天日射量、日照時間などのデータも同様な傾向を示していることから、天気の影響を反映したものと考えられる**。

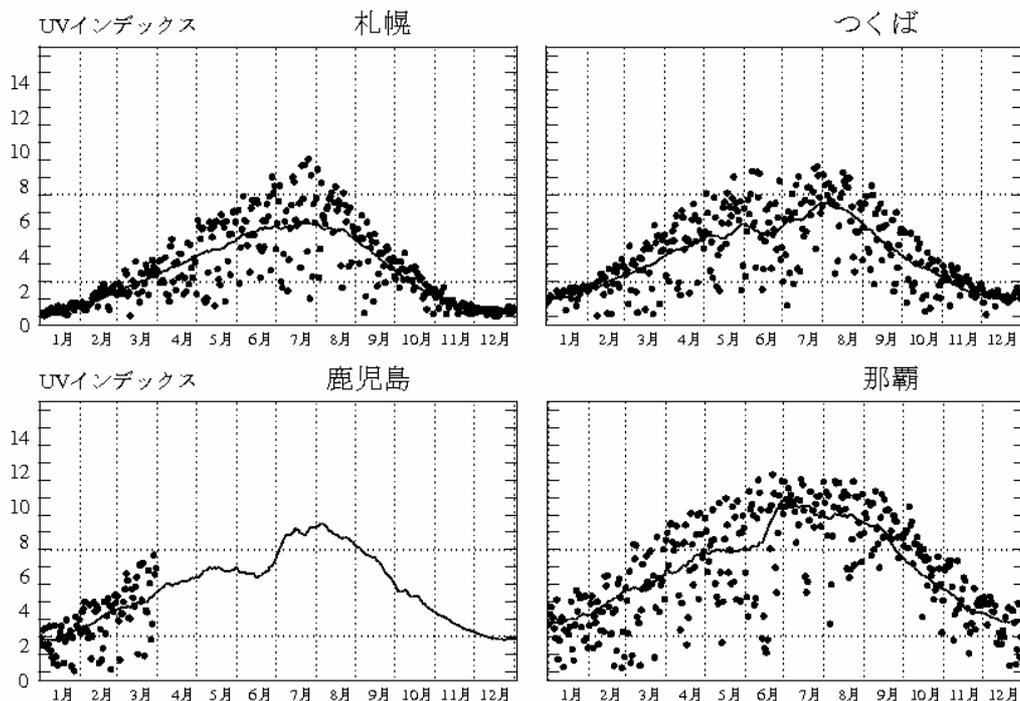


図45 2005年の国内4地点における日最大UVインデックスの推移

は日最大UVインデックス。鹿児島は3月まで。実線は日最大UVインデックスの参照値（1991（つくばは1990）~2004年）の15日移動平均値。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2005

* UVインデックスに対応した紫外線対策については、第3部参考資料 太陽紫外線の特性及び影響、表9（p.92）を参照。

** 日本付近の日最大UVインデックスの月別分布については巻頭口絵に掲載。

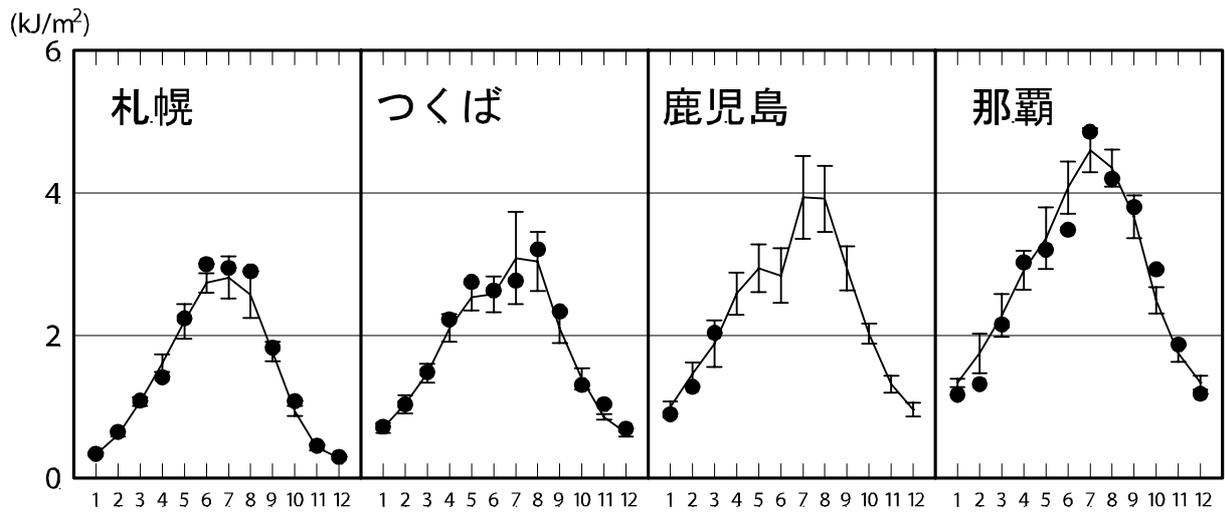


図 46 国内 4 地点の月平均紅斑紫外線日積算値の推移

は紅斑紫外線日積算値の月平均値、折線は参照値（1991（つくばは観測開始の1990）～2004年の平均値）、縦線はその標準偏差。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2005

国内 4 地点の観測開始から 2005 年の紅斑紫外線量日積算値の月平均値の変動を図 47 に示す。図 48 には、紅斑紫外線の年間の積算値の推移を示す。これによると、国内 4 地点で地表に到達する紫外線量は、1990 年代初めから増加傾向にあることがわかる。表 6 には日本上空の紅斑紫外線量年積算値のトレンドを示す。1990 年以降有意な増加トレンドを示しているのは鹿児島 ($1.5 \pm 0.7\%/年$) と那覇 ($0.6 \pm 0.5\%/年$) であった。一方、同期間のオゾン量は、図 25 で示したように、1990 年代初めに最も少なく、その後はほとんど変化がないか、緩やかに増加している。このため、国内 4 地点での 1990 年以降の変化をみる限り、観測に表れている地上での紫外線量の増加傾向を上空のオゾン量の変動に関連づけることはできない。そこで、那覇で紫外線量の増加が最も大きい春季において、紅斑紫外線量、全天日射量及び雲量の平均値の経年変化をみると、これら 3 量がよく対応して変動していることと、長期的には紅斑紫外線量と全天日射量はともに増加傾向、雲量は減少傾向を示していることがわかる (図 49)。また、全国の大気混濁係数の経年変化をみると、日本付近のエアロゾル量は 1996 年以降わずかながら減少している (図 50)。これらのことから、1990 年以降にみられる国内の紫外線量の増加傾向は、雲量の減少など地上紫外線量に影響を与える気象の変化やエアロゾル量の減少によるものと考えられる。

これまでに観測されたオゾン全量値をもとに、放射伝達モデル (Aoki, 2002) を用いて、1980 年以前に比べ現在の紅斑紫外線量がどの程度多くなっているかを計算すると、天気の状態やエアロゾル量などに変化がなければ、オゾン全量の減少量が大きい札幌の場合、月によって最大で 6%程度と推測される。

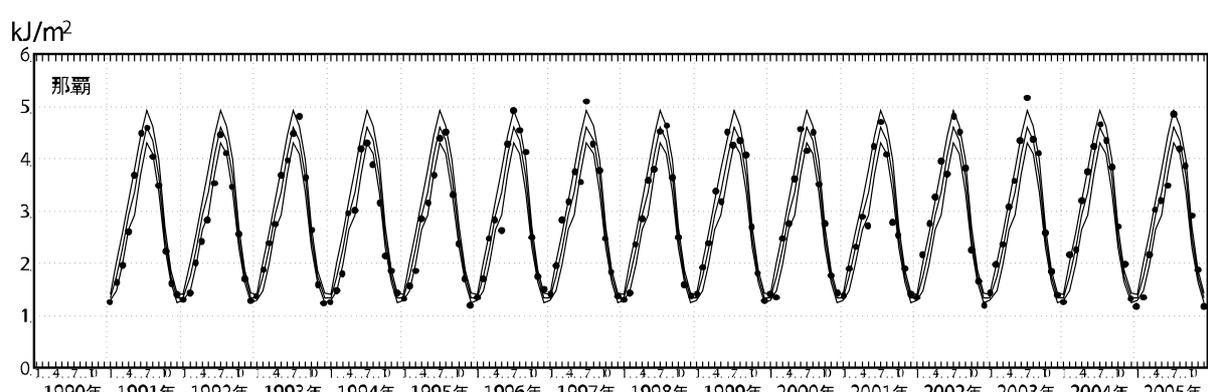
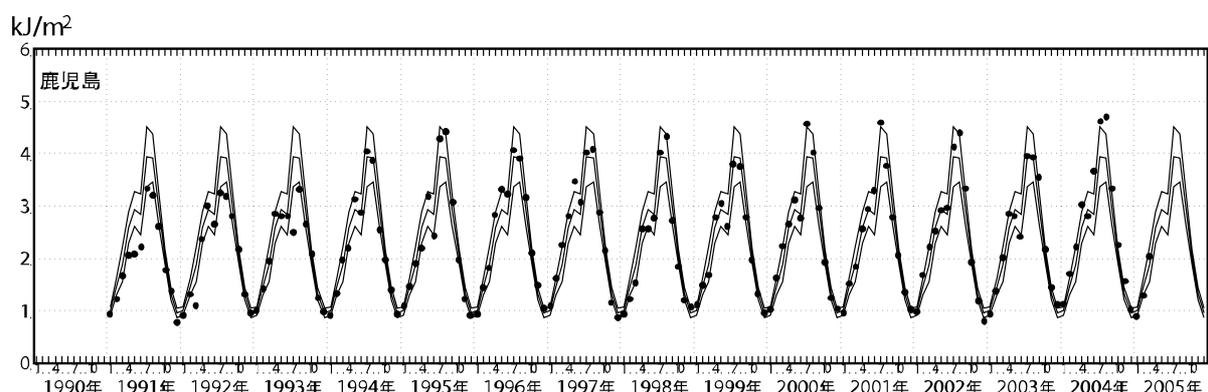
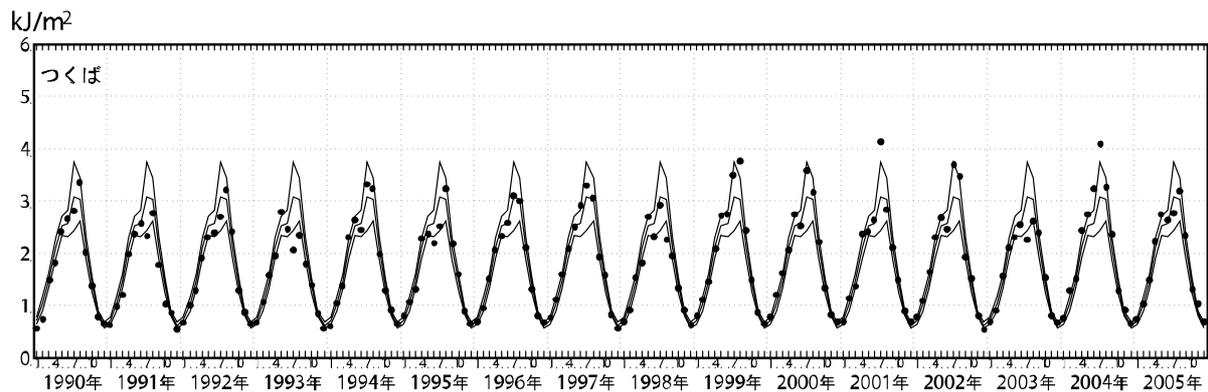
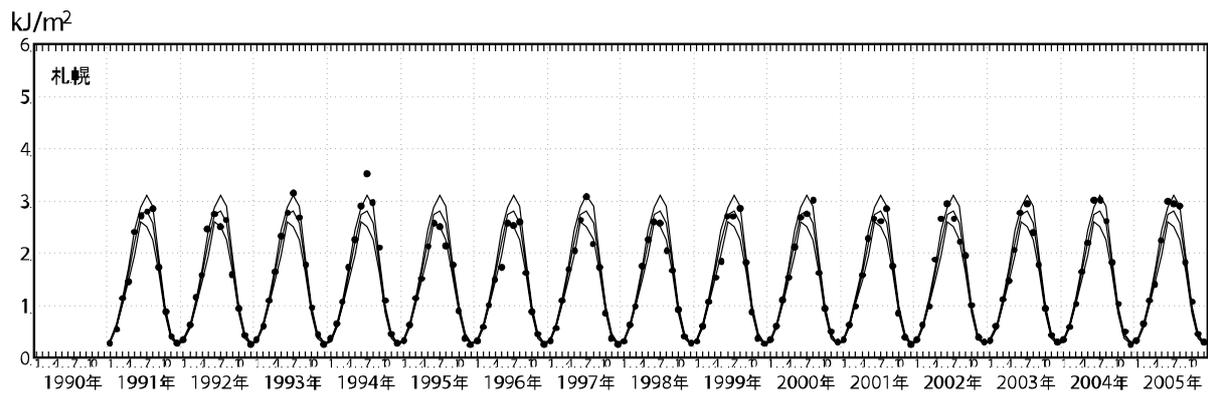


図 47 紅斑紫外線日積算値の月平均値の推移（1990～2005年）

は観測開始から2005年（鹿児島は2004年）の紅斑紫外線日積算値の月平均値。3本の線のうち、中央が参照値（1991（つくばは観測開始の1990）～2004年の平均値）、上下はその標準偏差。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2005

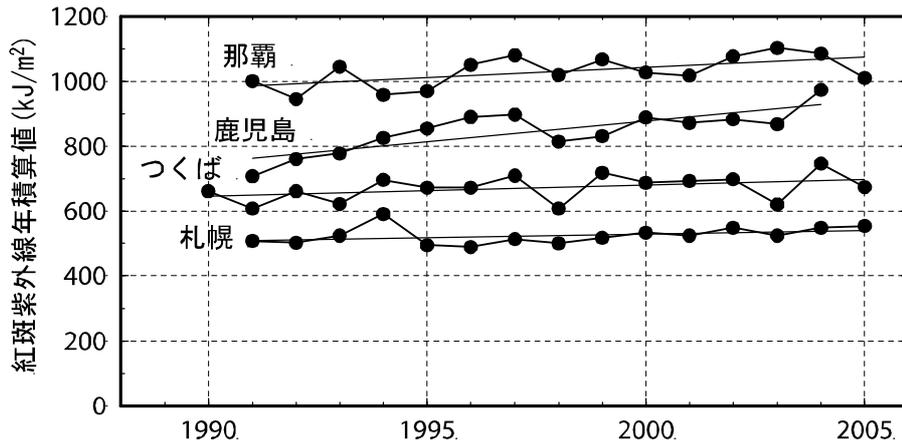


図 48 日本上空の紅斑紫外線年積算値の推移 (1990~2005年)

は観測開始から 2005 年 (鹿児島は 2004 年) までの紅斑紫外線年積算値。直線は全期間の長期的トレンド。
 (出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2005

表 6 日本上空の紅斑紫外線年積算値のトレンド (%/年) (1990 年~2005 年)

	札幌	つくば	鹿児島	那覇
通年	0.4 (-0.2~1.1)	0.5 (-0.2~1.2)	<u>1.5 (0.8~2.2)</u>	<u>0.6 (0.1~1.1)</u>

1991 (つくばは 1990) ~ 2005 年 (鹿児島は 2004 年) の紅斑紫外線年積算値トレンド (%/年)。()内は 95%信頼限界内であり、下線はトレンドが統計的に有意であることを示す。
 (出典) 気象庁提供データ

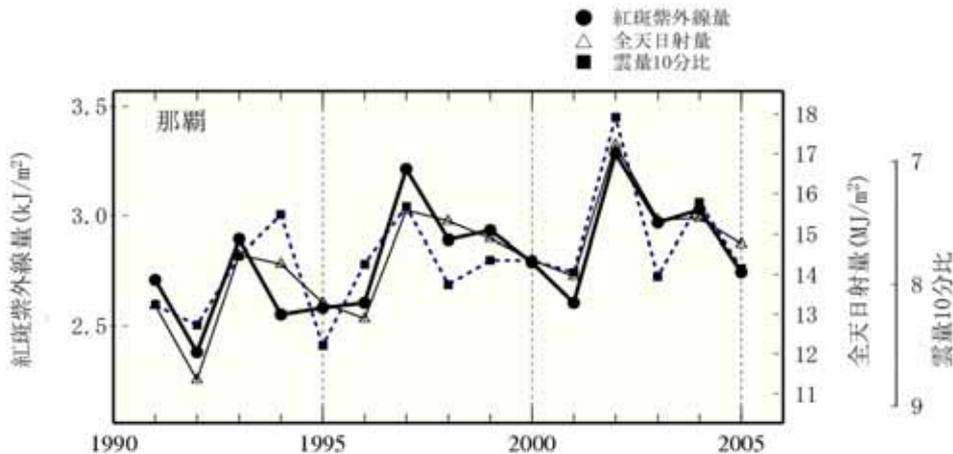


図 49 那覇の春季の紅斑紫外線日積算値、全天日射量日積算値、日平均雲量の平均値の経年変化
 各要素について 3~5 月の平均値を示す。
 (出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2005



図 50 大気混濁係数の経年変化 (1961~2005 年)

水蒸気や黄砂の影響を取り除くため月最小値を使用し、さらに季節変化及びそれより短い周期成分を取り除いた。
 (出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2005