

・ 太陽紫外線の状況

1．太陽紫外線の観測

オゾン層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、陸生、水生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量（CIE紫外線量）^{**}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UV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測定地点で観測されている。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、地球規模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45は、2005年5月28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.71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。

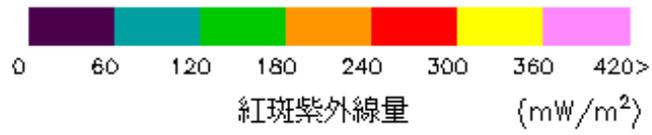
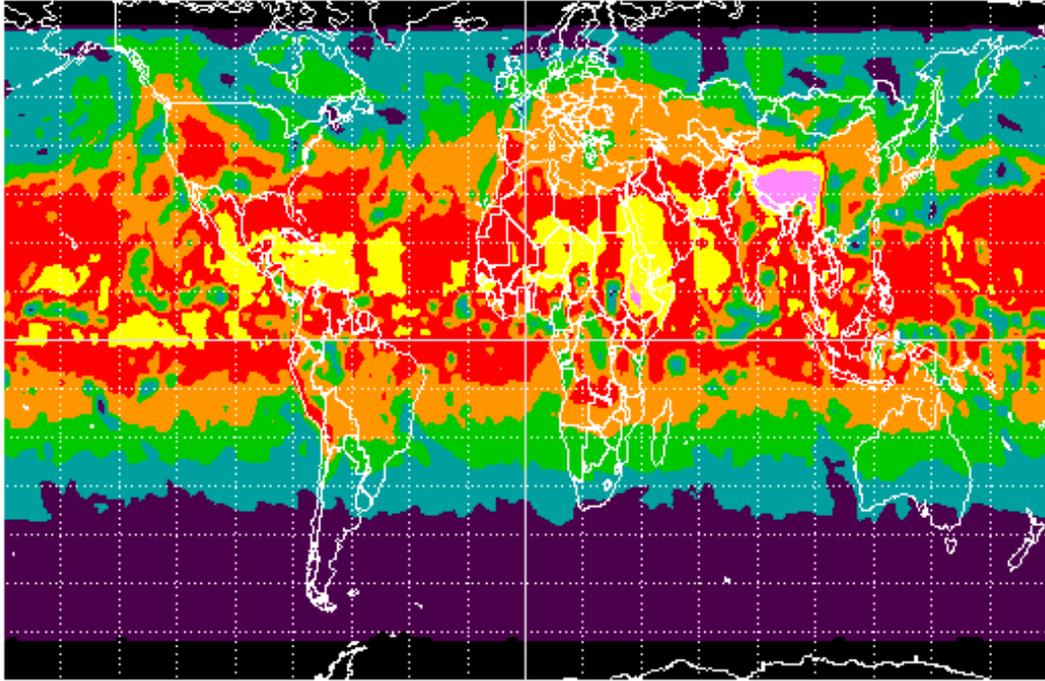


図 45 世界の紅斑紫外線量 (2005 年 5 月 28 日正午)

(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大し続けている(UNEP, 2003)。

図46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。

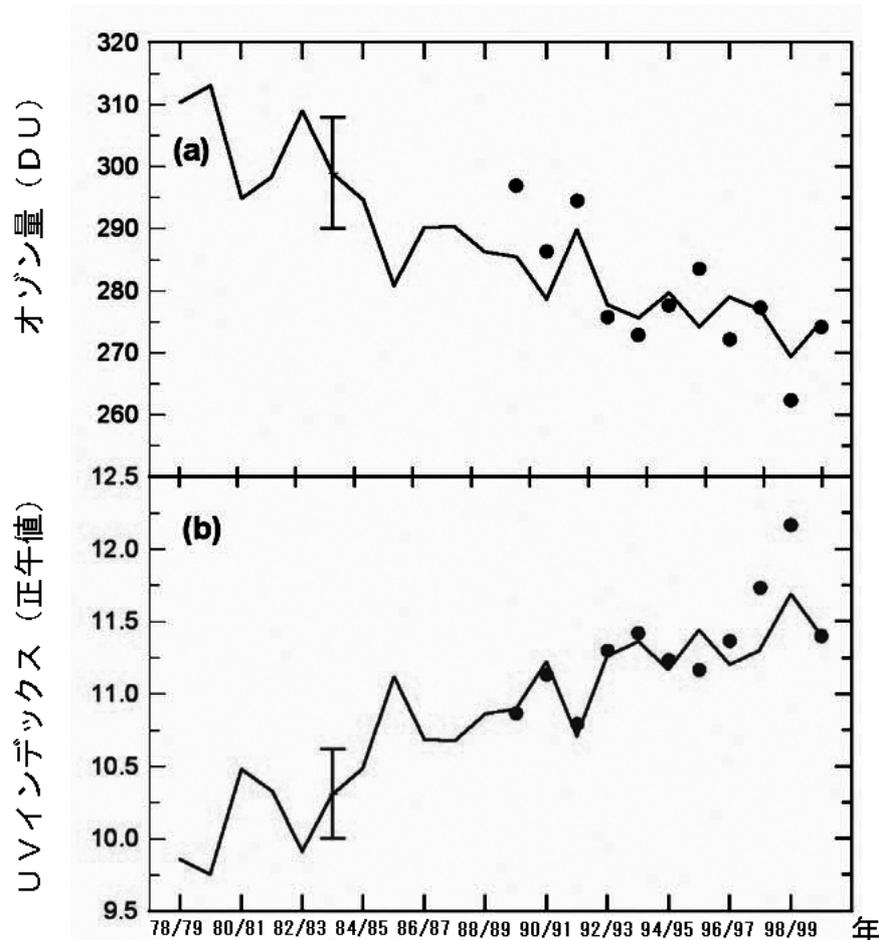


図46 ニュージーランドのローダーにおける夏期のオゾン量と紫外線量

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)

* 国際的に合意した尺度として、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.88)参照。

3 . 南極域の太陽紫外線の状況

図 47 に観測開始（1991 年）から 2004 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。図 48 には、2004 年 8 ~ 12 月の UV - B 日積算値とオゾン全量を示した。

2004 年の UV - B 日積算値を参照値（1991 ~ 2003 年の平均値）と比較すると、10 月中旬から下旬にかけて多く、11 月上旬以降は大きく変動した。UV - B 量の 2004 年の最大が全天日射量の最大よりも早い時期に出現しているのは、昭和基地上空のオゾン全量の変動の影響を受けたためと考えられる。2004 年の UV - B 日積算値の最大は 11 月 12 日の 45.38kJ/m^2 、毎時値の最大は 11 月 25 日 12 時の 1.697W/m^2 であった。日々の UV - B 日積算値について詳細に見ると、10 月中旬から下旬までは累年平均より多く、11 月上旬以降は大きく変動しながら、11 月 12 日に年間最大値を記録した。

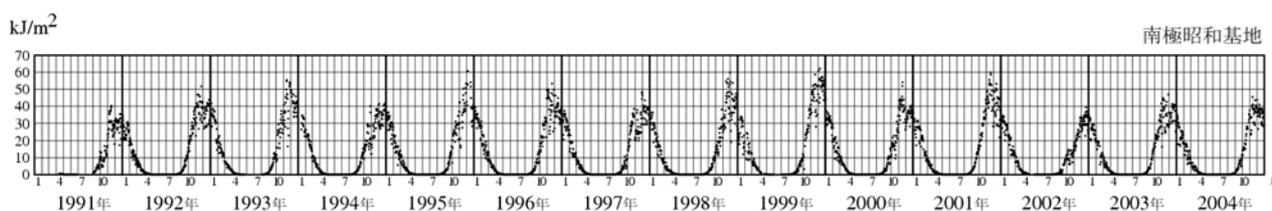


図 47：観測開始（1991 年）から 2004 年までの南極昭和基地の UV - B 日積算値の推移
（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2004

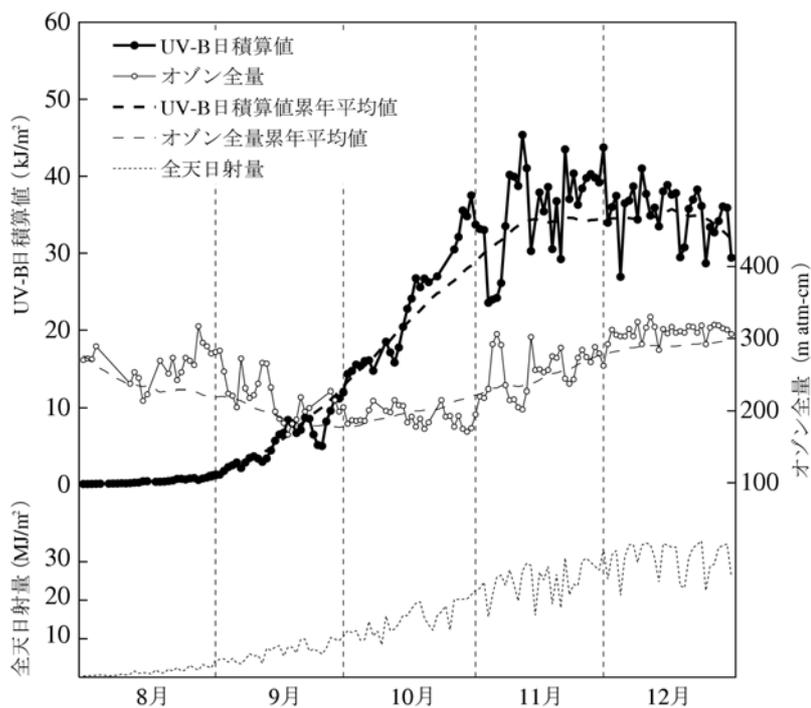


図 48 2004 年の南極昭和基地の UV - B 日積算値とオゾン全量

太実線は UV - B 日積算値、細実線はオゾン全量、太破線は UV - B 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 UV - B、オゾン全量共に 1991 年から 2003 年までの平均値。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2004

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2004年の1月から12月までのUV-Bの日積算値を図49に示す。UV-Bの日積算値は太陽高度や天候（雲量）、オゾン全量、大気混濁度により変化する。図で観測値（点）が大きくばらついている原因は主に雲の影響であり、観測値分布の上側の境界が、晴天時における日積算値をほぼ示すものと考えられる。また、太陽高度やオゾン全量、エアロゾル量の季節変化に伴うUV-B日積算値の季節変動が見られる。

図50には、2004年のUV-B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）～2003年の月平均値）と比較すると、多かったのは、札幌の6、10、11月、つくばの2、4～7、9、11月、鹿児島島の1～4、6～11月、那覇の2、4、10、11月で、少なかったのは、那覇の1月であった。また各観測地点の月平均値の最大は、札幌で6月に22.94kJ/m²、つくばで7月に30.65kJ/m²、鹿児島で8月に34.68kJ/m²、那覇で7月に34.24kJ/m²であった。札幌の6月、つくばの2、4、6月、鹿児島島の1、2、4、6～8、10、11月、那覇の11月の月平均値は観測開始以来、それぞれの月として最も大きくなった。これは、全天日射量、日照時間などのデータから晴天の日が多かったことを反映したものと考えられる。

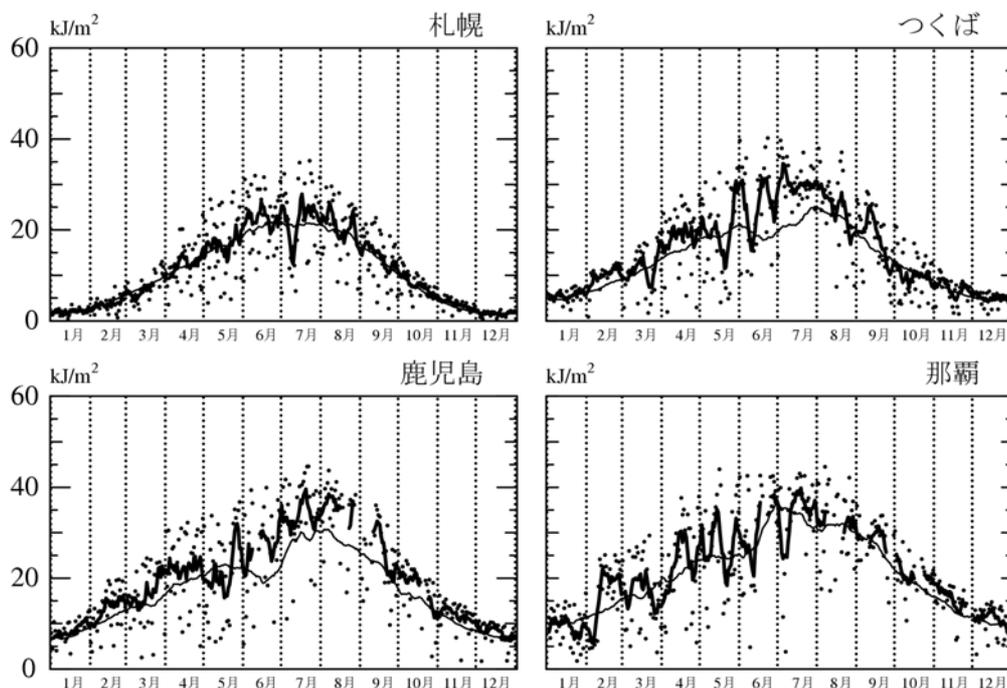


図49 2004年の国内4地点のUV-B日積算値の推移

点は日積算値、太線は日積算値の7日移動平均値、細線は参照値（1991（つくばは観測開始の1990）～2003年の平均値）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2004

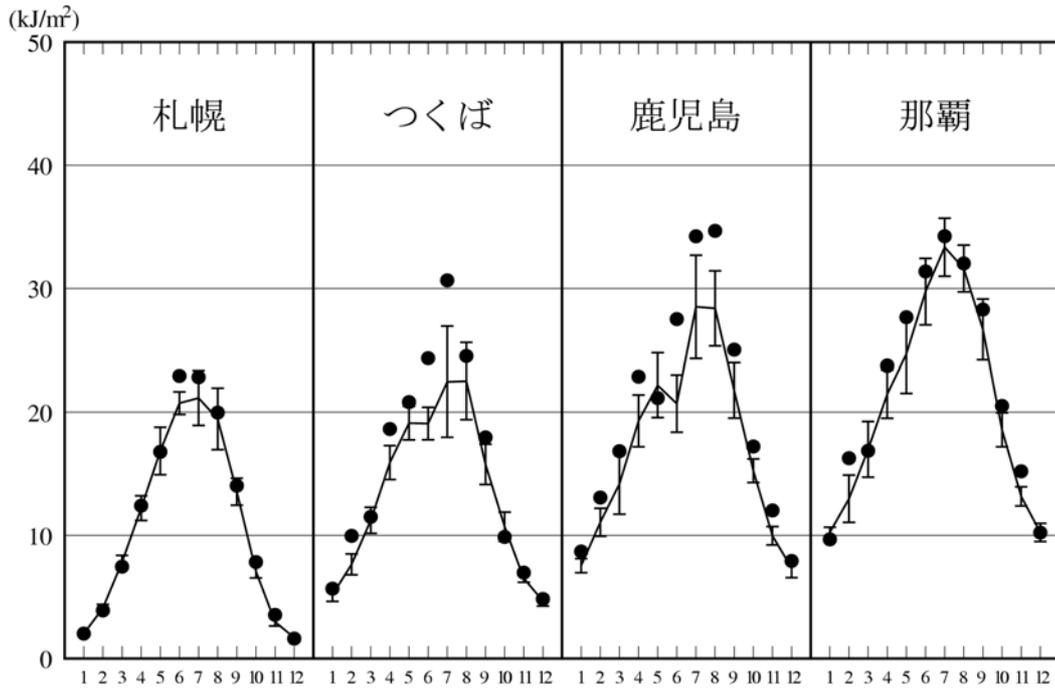


図 50 国内 4 地点の月平均 UV - B 日積算値の推移

印は 2004 年の月平均値、折線は参照値 (1991 (つくばは観測開始の 1990) ~ 2003 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 2004

図 51 は、国内 4 地点の 1990 年以降 2004 年末までの UV - B 日積算値の月平均値とその 2003 年までの累年平均及び標準偏差を示す。累年平均に示される季節変動や地点毎の相違は、それぞれの太陽の高さ、昼の長さ及びオゾン全量の変化を反映している。この図から、札幌、つくばは 7、8 月、鹿児島は 3 ~ 9 月、那覇は 2 ~ 9 月に変動が大きいことが分かり、これは梅雨、台風など天候状態の影響と考えられる。また、つくば、鹿児島の夏季において、UV - B 日積算値の月平均値がここ数年参照値に比べて大きくなっており、梅雨明けが早いなど夏季の日射量が多いことに対応していると考えられる。

次に、紅斑紫外線量の日積算値の月平均値の変動を図 52 に示す。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 C I E 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。近年、国内のいくつかの観測地点で紅斑紫外線量の多い年がよく観測されているが、全天日射量の変化との対応も見られることから、天候の影響によるものと考えられる。なお、1990 年以降、長期的な変化傾向があるかどうかについては、測器の感度の安定性や紫外線量に変化をもたらす過去のエアロゾル量についての詳細な調査を待つ必要がある。 **

しかし、1990 年代のオゾン全量は 1970 年代と比較すると明らかに減少していることから、観測地点、季節によっては 1990 年代に観測された UV - B 量は 1970 年代と比較すると最大で 8 % 程度増加しているものと考えられる。モンテリオール議定書の科学評価パネル報告 (WMO , 2003) によれば、現在の南北両半球中高緯度の 10 箇所以上の観測点において、1980 年前半より UV 照射量が 6 ~ 14% 増加したとしている。

* 国際照明委員会 (C I E) 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.88) 参照。

** オゾンの変動の影響を除いた紅斑紫外線量の全天日射量に対する比の偏差について、1998 年頃を境に段差が見られることから、測器の感度に何らかの変化があった可能性があり、現在、気象庁において他の要因による影響の可能性も含めて検討中である。

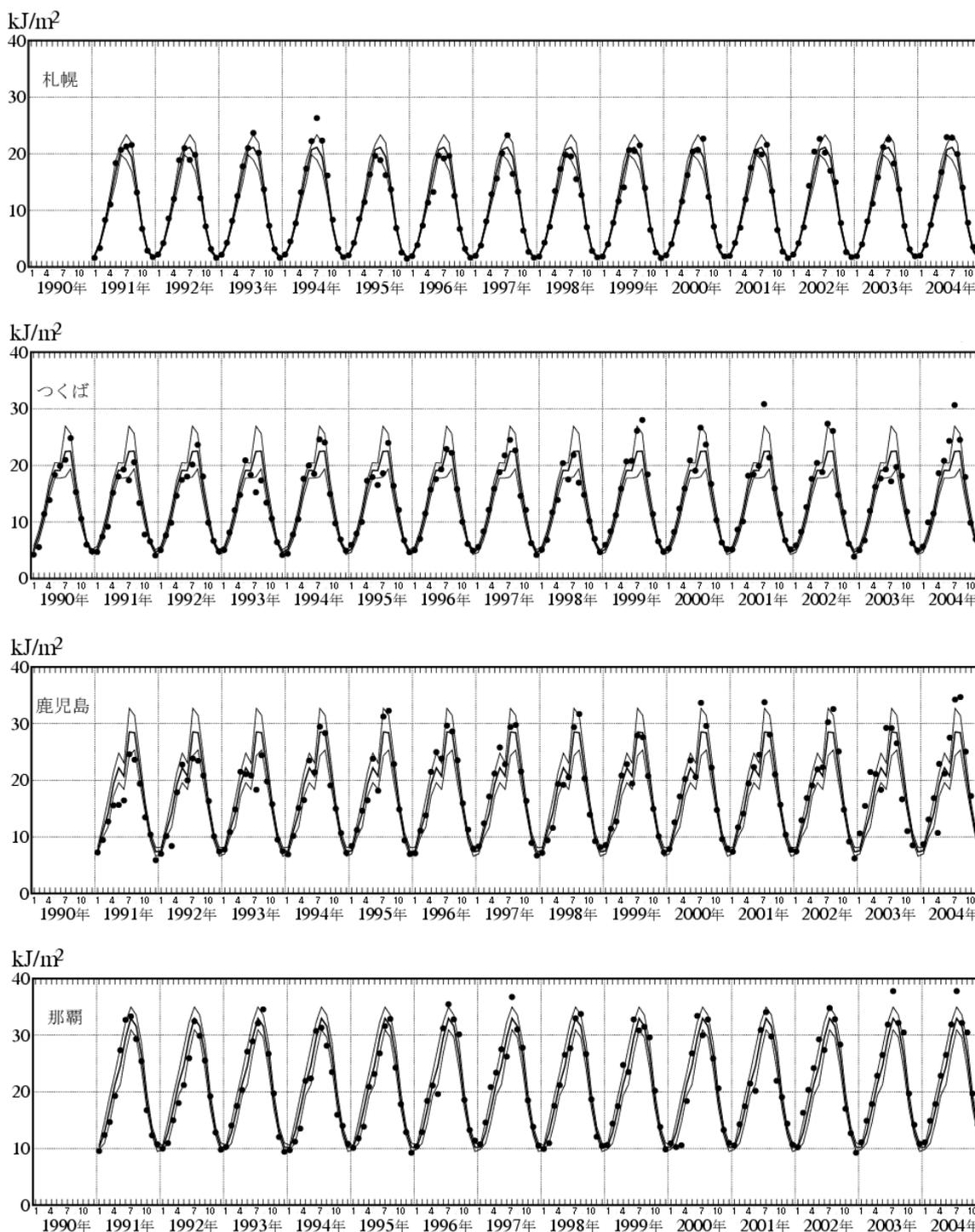


図 51 UV - B 日積算値の月平均値の推移 (1990 ~ 2004 年)

黒丸は 1990 ~ 2003 年の日積算値の月平均値。3 本の線のうち、中央が参照値 (観測開始から 2003 年までの累年平均値)、上下がその標準偏差。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2004

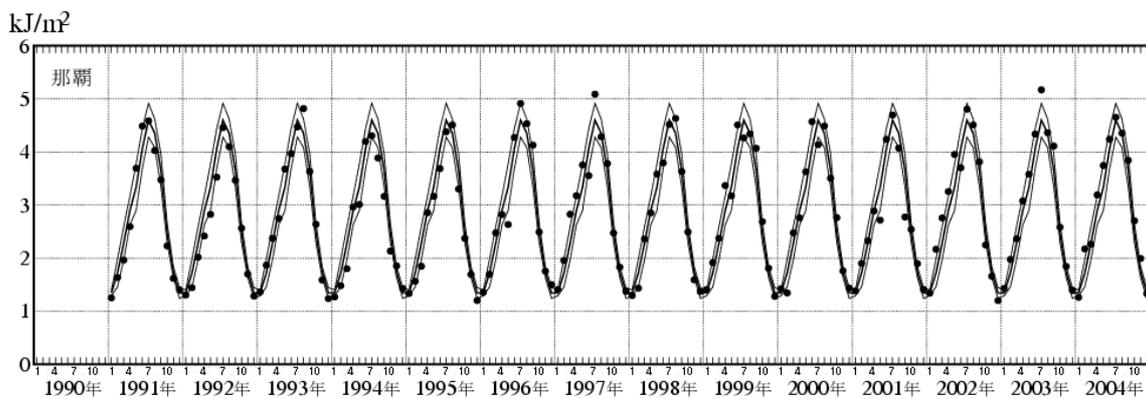
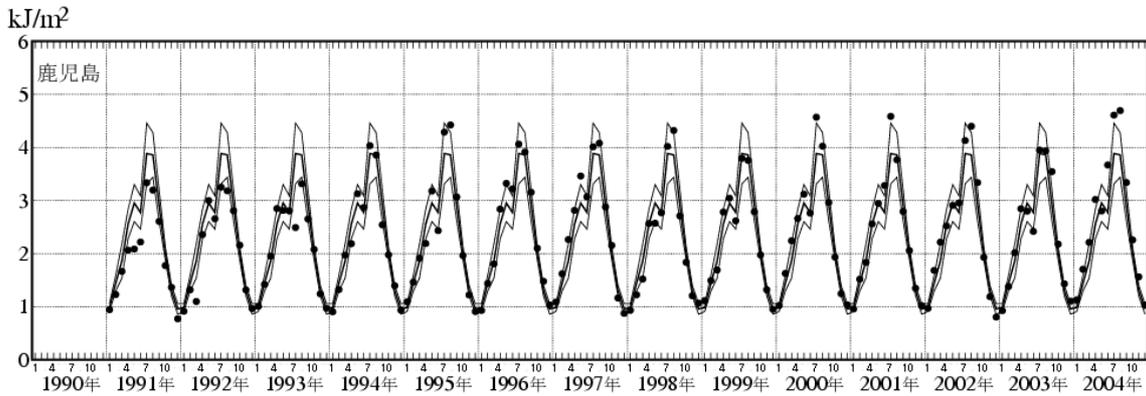
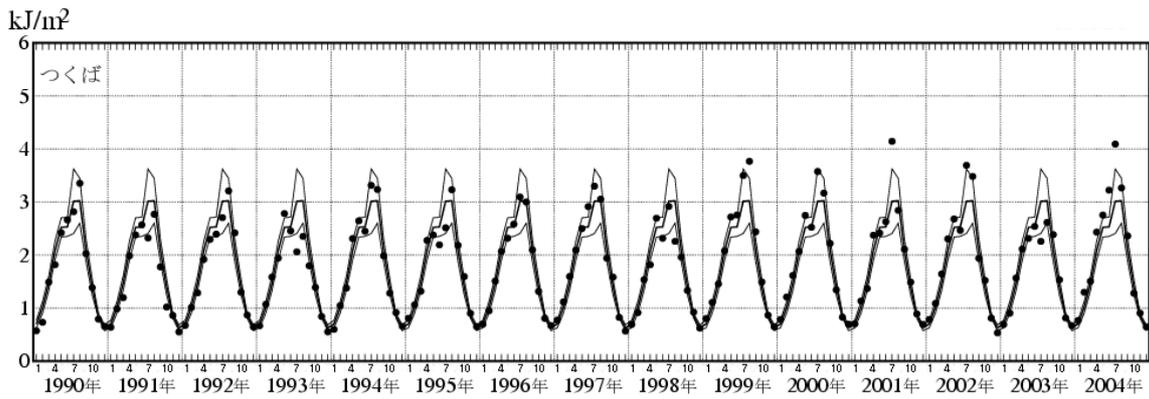
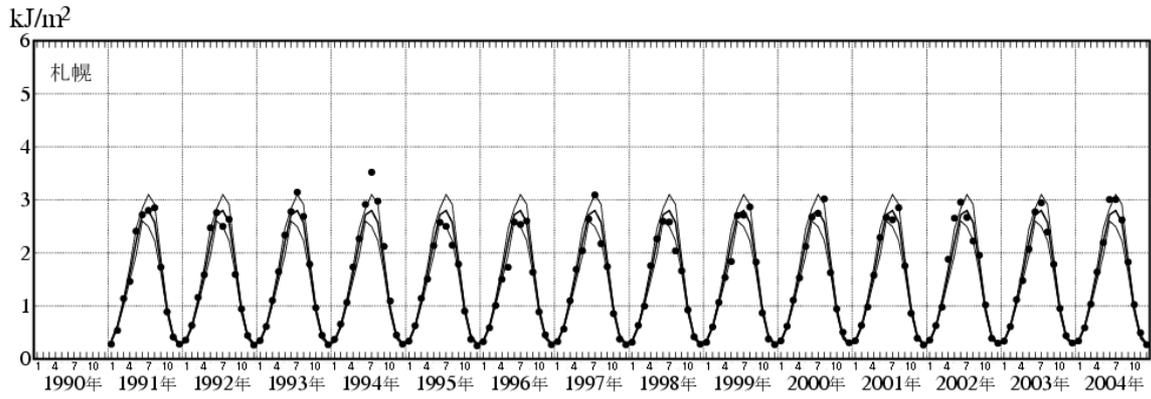


図 52 紅斑紫外線の日積算値の月平均値の推移 (1990 ~ 2004 年)

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2004