

4 紫外線の状況

4 - 1 紫外線の特徴

太陽からの紫外線(紫外域日射)は波長により、A領域(UV-A;波長315～400nm(nm:ナノメートル=10億分の1メートル)、B領域(UV-B;波長280～315nm)、C領域(UV-C;波長100～280nm)に区分される。紫外線の大气外及び晴天時の地表での波長別の強度を図4-1-1(上図)に示す。これは、オゾン全量を320m atm-cm、太陽天頂角を5.9°、エアロゾルの光学的厚さを0.4と仮定し、放射伝達モデルを用いて計算している。生物に有害なUV-Bは大气外での強度に比べて、地表では大きく減衰している。UV-Bが短波長ほど大きく減衰しているのは、おもに成層圏オゾンの吸収による。さらに短い波長のUV-Cは、酸素やオゾンに完全に吸収されて地表に到達しない。UV-Aがわずかに減衰しているのは、おもに大气分子による散乱の影響によるものである。なお、波長が短いほど散乱の影響は大きい。

本章では、紫外線量を、UV-B量、紅斑紫外線量(CIE紫外線量)、波長300nmにおける紫外線量で示すこととする。この中でUV-B量は、UV-B領域の紫外線をその領域にわたって波長積分したものである。また、紅斑紫外線量は、紫外線の人体への影響度が短波長側で強いという特徴を考慮して、波長別の紫外線強度に、皮膚に対する波長別の相対影響度として国際照明委員会(CIE; Commission Internationale de l'Éclairage)により定義されたCIE作用スペクトル(McKinlay and Diffey, 1987)を乗じて、波長積分して得られる量である(図4-1-1)。紅斑紫外線量を25mW/m²単位で指標化したものをUVインデックス(UV指数)という(44頁の解説参照)。

紫外線は日射の一部であるが、その減衰、散乱、地表面での反射などの性質は、日射一般(おもに可視光)としての性質とは異なる面がある。日射は一般に、大气分子、エアロゾル(大气中に浮遊する固体または液体の微粒子)、雲の吸収・散乱を受け、減衰しながら、直達光と散乱光として地表に到達する。紫外線は、日射一般に比べて吸収や散乱の効果を強く受け、特にオゾン層で強く吸収されるため、日射一般に比べて大气外の強度から大きく減衰する。また、日射全体に占める散乱光の割合は1～2割程度であるが、紫外線の場合、散乱光の割合は5割以上に達するという特徴がある。

紫外線の減衰の程度は、大气を通過する経路の長さに依存するので、太陽の高度は地表における紫外線量を決める重要な因子である。また紫外線の性質から、標高、上空のオゾン量、エアロゾル量、雲の状況、地表面反射率など、様々な因子の変化に伴って変動する。以下、これらの因子の変化に伴う紫外線量の変動の特徴を、地表に到達する紫外線量を算出する放射伝達モデル(Aoki 他, 2002)の計算結果も交えて解説する。

図4-1-2に、放射伝達モデルを用いて算出した太陽天頂角(太陽が頭上にある時が0度、地平線上にある時が90度となる)とオゾン全量の変化に対するUVインデックスの変化を示す。これは大气中にエアロゾルがないと仮定したときの計算例である。オゾン全量が増加すると、紫外線はオゾ

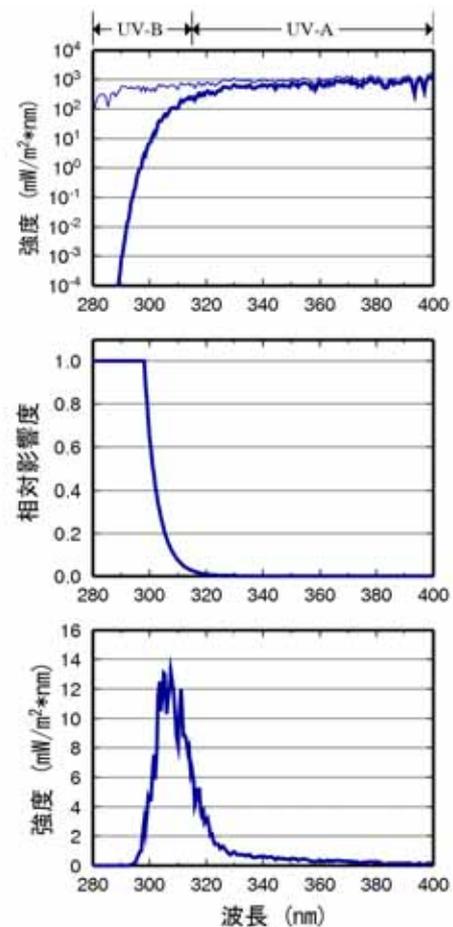


図4-1-1: 波長別紫外線強度と紅斑紫外線強度の関係

上図は波長別紫外線強度(細線:大气外、太線:地表)、中図はCIE作用スペクトルの相対影響度、下図は波長別紅斑紫外線強度を示す。横軸は波長である。波長別紅斑紫外線強度を波長積分すると紅斑紫外線量が得られる。この図から求めた紅斑紫外線量をUVインデックスに換算すると8.6である。放射伝達モデルを用いて算出。

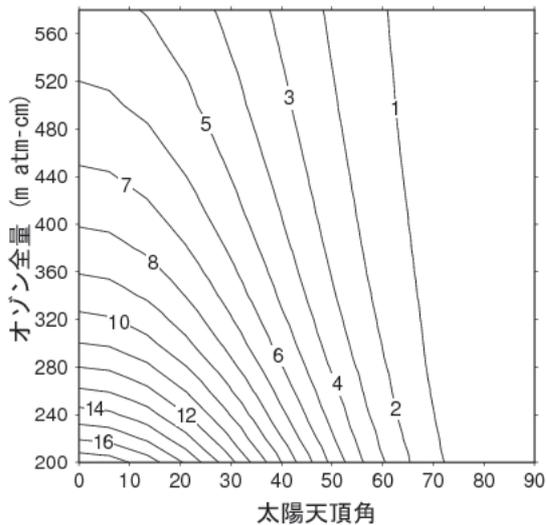


図4 - 1 - 2 : オゾン全量と太陽天頂角に対するUV インデックス

放射伝達モデルを用いて計算した太陽天頂角(横軸)とオゾン全量(縦軸)に対するUV インデックスの大きさ

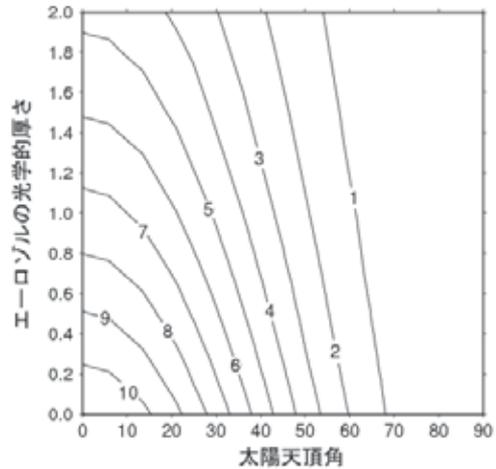


図4 - 1 - 3 : エーロゾルの光学的厚さと太陽天頂角に対するUV インデックス

放射伝達モデルを用いて計算した、太陽天頂角(横軸)と368nmにおけるエーロゾルの光学的厚さ(縦軸)に対するUV インデックスの大きさを示す。なお、オゾン全量は300m atm-cm、エーロゾルのタイプは陸上の標準的なエーロゾルの組成や粒径であると仮定している。

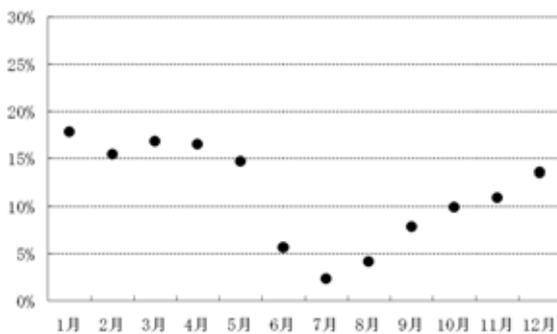


図4 - 1 - 4 : エーロゾルによるUV インデックスの減衰率(那覇)

太陽方向に雲がないときに観測された12時のUV インデックスと、このときのオゾン全量を基にエーロゾルがないと仮定して放射伝達モデルを用いて計算したUV インデックスの比を月別に示す(1997 ~ 2003年の平均値)。

による吸収を強く受けて減少する。また、太陽が低い位置にあると、地表に到達する紫外線はオゾン層を斜めに通過するため、オゾンによる吸収の影響を大きく受けて減少する。本州付近における夏の正午頃の太陽天頂角はおよそ15度であり、このときオゾン全量が1m atm-cm減少するとUV インデックスは約0.4%増加する。このようにUVインデックスは日々のオゾン量の変化に対応して変動する。オゾン量の変化により、数日でUVインデックスが2以上変化することがある。

紫外線は、大気中のオゾン以外の気体成分によっても吸収される。例えば二酸化硫黄は紫外線領域に強い吸収帯を持っている。通常、その効果は無視できるほど小さいが、活動中の火山からは二酸化硫黄が放出されるので、その近辺では顕著な紫外線の減少が見られる。大気汚染の深刻な地域では、二酸化窒素、硝酸、ホルムアルデヒド等による吸収も無視できない(WMO, 2003)。

エーロゾルは紫外線を吸収・散乱するため、紫外線はエーロゾルの性質や分布に対応して強度が変化する。太陽天頂角とエーロゾルの光学的厚さ(AOD)が変化したとき、UVインデックスがどのように変化するかを放射伝達モデルを用いて推定したのが図4 - 1 - 3である。ここでは、オゾン全量は300m atm-cm、エーロゾルのタイプは陸上の標準的なエーロゾルの組成や粒径であると仮定し、縦軸は368nmにおけるAODを示している。AODが増加すると、紫外線はエーロゾルの吸収・散乱の効果を強く受けて減少する。関東付近の春から夏にかけての時期(太陽天頂角は15 ~ 20度程度)には、AODがおおよそ0.2から0.9の間で変化する。この日々のAODの変化に伴い、UVインデックスは2程度変化することがわかる。図4 - 1 - 4に、那覇において観測されたエーロゾルによるUVインデックスの減衰率を示す。これは、太陽直射光があるときに観測された12時のUVインデックスと、このときのオゾン全量を基に、大気中にエーロゾルが存在しないと仮定して放射伝達モデルで計算した12時のUVインデックスの比を月平均して求めた。那覇の場合、夏季は海洋性の気団に覆われ、エーロゾル量が減少するため、減衰率は比較的小さい。夏季以外ではエーロゾルの多い気団

に覆われ、冬季から春季にかけてUVインデックスはおよそ15%減衰する。札幌やつくば、鹿児島でも、那覇ほど顕著ではないが、夏季に減衰率の低下が見られる。年平均値でみると、UVインデックスは札幌とつくばで約2割、鹿児島と那覇で約1割減衰している。このようにエアロゾルがUVインデックスに及ぼす影響は地域、季節によって異なる。エアロゾル量は日々大きく変動し、さらにエアロゾルの種類も様々であるため、エアロゾルが紫外線量へ及ぼす影響の大きさは一定ではない。一般に、煙やすず、砂塵などのエアロゾルが大気中に多く存在する場合、紫外線量は大きく減少する。2003年にシベリアで発生した森林火災の煙が北日本に流入したとき、札幌での紫外線量は通常より約65%減少した(気象庁, 2004)。

雲は太陽光を遮るため、雲量や雲の状態、すなわち天気の変化は紫外線量を顕著に変動させる。図4-1-5に、快晴の日のUVインデックスを基準とした、天気毎のUVインデックスの相対的な割合を示す。これは、放射伝達モデルで推定される晴天時の紫外線量と、実際に観測された紫外線量を比較したものである。晴、薄曇、曇、雨と天気の変化するにつれ、快晴の場合に比べてUVインデックスは減少していく。雨が降っている場合には、快晴時の2~4割まで減少する。同様に、日照時間や降水の有無と紫外線量の関係を調査し、それに基づいて全国の毎日12時のUVインデックスを推定して月平均したものを口絵4に示す。これによると、同じ緯度でも天気の違いによりUVインデックスが異なることがわかる。なお、雲は太陽光を遮るばかりでなく、散乱効果により紫外線を増加させる場合もある。太陽に雲がかかっておらず、かつ太陽の近くに積雲が点在しているような場合には、散乱成分が多くなるので、快晴時に比べて25%を超える紫外線の増加が観測されることがある(Estupinan他, 1996)。また、表4-1-1に示した、これまでの毎時紫外線量の最大値を観測した事例は全て、全天の8割以上が雲に覆われている状況であった。これらの観測事例からわかるように、雲が多くても太陽からの直達光が地表に届く場合は、紫外線量は短時間ではあるが多くなる可能性がある。

地表面での反射(散乱)率が大きいと、紫外線量は増加する。地表面での反射率は地表面の状態により大きく異なり、草地やアスファルトの反射率は10%以下であるが、砂浜では25%、新雪では80%以上に達する。地表面での紫外線の反射は、大気と地表面の間で繰り返される散乱(多重散乱)をもたらすため、上空からの下向きの散乱光も強める。南極昭和基地の観測によると、多重散乱の効果により、積雪がない場合と比較して、UVインデックスは4~5割増加した。中緯度の雪原の場合、観測点の周囲には、樹木や家屋、道路等の反射率の低い部分が混在することが多いため、反射率は平均すると30~40%程度であると考えられる(Schwander他, 1999)。そのため、日本国内の積雪地帯では、一般的にUVインデックスは、1~2割程度大きくなると見積もられる。なお、UVインデックスなど紫外線の強度は、単位面積の水平面に照射する下向

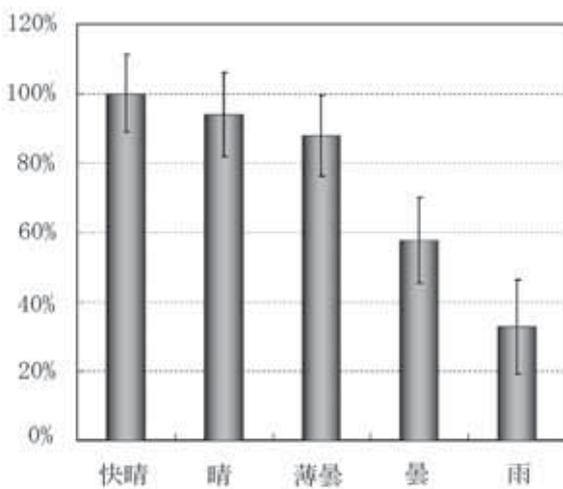


図4-1-5: 天気とUVインデックスの関係
快晴時に観測されたUVインデックスを基準とし、天気毎のUVインデックスの相対的な比を示す。札幌、つくば、鹿児島、那覇の1997~2003年のデータを用いて算出した。縦線は標準偏差。

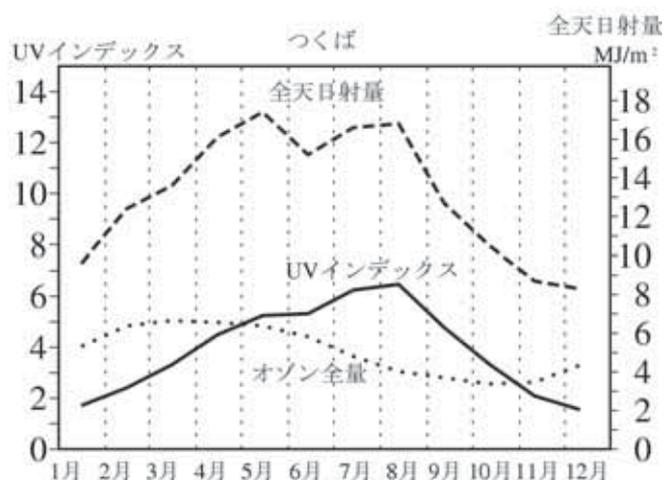


図4-1-6: 全天日射量とUVインデックスの季節変化
つくばで観測された日積算全天日射量(破線)及び日最大UVインデックス(実線)の月平均値の季節変化。点線はオゾン全量の月平均値。(統計期間: 1991~2003年)

きの紫外線の総量として定義されるが、地表に立っている人間は、周辺の地表面から反射してくる上向きの紫外線も浴びていることに注意を払う必要がある。

最後に、太陽高度やオゾン、雲、エアロゾルの季節変化に対応した、紫外線の季節変化について述べる。図4-1-6につくばで観測された全天日射量、UVインデックス及びオゾン全量の季節変化を示す。全天日射量が5月に最大となっているのは、この時期に太陽の高度がすでに高くなっている上に、一般的に晴天の日が多いためである。6月は、太陽の高度が1年のうちで最も高いものの、梅雨の影響があるため、全天日射量はやや小さくなっている。UVインデックスは、全天日射量の最大値が5月に現れているのとは異なり、8月に最大値が現れている。これは、中緯度のオゾン全量が春に最大になり、その後徐々に秋に向かって減少していくこと(2-1-1項参照) またエアロゾル量が夏季に少なくなることを反映しているためである。

表4-1-1 これまでに観測された紫外線の各要素の最大値

期間は1991(つくばは観測開始の1990)～2004年。

| 項目 | | 観測地点 | | | | 比 |
|-----------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|
| | | 札幌 | つくば | 鹿児島 | 那覇 | 那覇/札幌 |
| 毎時紫外線量 | UV-B(W/m ²) (観測日) (時刻) | 1.77 1997.7.27 12:00 | 1.98 2004.7.29 12:00 | 2.34 1996.6.28 12:00 | 2.39 1999.6.12 12:00 | 1.35 |
| | 紅斑紫外線(mW/m ²) (観測日) (時刻) | 244 1997.7.27 12:00 | 276 1997.7.9 12:00 | 327 1996.6.28 13:00 | 349 1996.8.5 13:00 | 1.43 |
| | 300nm(mW/(m ² ・nm)) (観測日) (時刻) | 9.0 1998.7.27 12:00 | 11.3 2002.7.26 12:00 | 14.6 2002.7.14 13:00 | 16.6 1999.7.22 13:00 | 1.84 |
| 日積算値 | UV-B(kJ/m ²) (観測日) | 39.11 1993.6.17 | 41.61 1999.7.27 | 51.52 1996.6.28 | 47.45 1999.6.16 | 1.21 |
| | 紅斑紫外線(kJ/m ²) (観測日) | 5.22 1993.6.17 | 5.67 1999.7.27 | 7.09 1996.6.28 | 6.60 1999.6.16 | 1.26 |
| | 300nm(J/(m ² ・nm)) (観測日) | 149 2000.8.1 | 177 2002.7.20 | 241 1996.6.28 | 234 1996.7.17 | 1.57 |
| 日積算値の月平均値 | UV-B(kJ/m ²) (観測月) | 26.31 1994.7 | 30.83 2001.7 | 34.67 2004.8 | 37.89 2003.7 | 1.44 |
| | 紅斑紫外線(kJ/m ²) (観測月) | 3.52 1994.7 | 4.14 2001.7 | 4.69 2004.8 | 5.17 2003.7 | 1.47 |
| | 300nm(J/(m ² ・nm)) (観測月) | 84 1994.7 | 107 2001.7 | 133 1995.8 | 168 1997.7 | 2.00 |

(解説) UVインデックス(UV指数)について

地球規模で進んでいるフロンなどによるオゾン層の破壊により、地表に到達する有害紫外線が増加して、皮膚がんや白内障等の病気の発生率が増加したり、体内免疫力が低下することが危惧されている。特に、メラニン色素の少ない人に、皮膚がん、悪性腫瘍が世界的に増加しているという報告があり、日射を浴びることが健康的であるとする生活習慣や、オゾン層の破壊は、その影響を深刻化することにつながりかねない。このような状況を受け、2002年7月に、世界保健機関(WHO)、世界気象機関(WMO)、国連環境計画(UNEP)などは共同で、「UVインデックスの運用ガイド」を刊行し、UVインデックスを活用した紫外線対策の実施を推奨している(WHO,2002)。

紫外線の人体への影響度が短波長側で強いという特徴を考慮して、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(CIE)は、皮膚に対する波長別の相対影響度としてCIE作用スペクトル(McKinlay and Diffey,1987)を定義した。波長別の紫外線強度にCIE作用スペクトルの重みを乗じて波長積分すると、人体に対する影響度の尺度で測られた紅斑紫外線量(CIE紫外線量)が得られる(図4-1-1)。この紅斑紫外線量を25mW/m²単位で指標化したものをUVインデックス(UV指数)という。運用ガイドでは、公衆衛生の観点から、もっとも影響を受けやすい人々(メラニン色素の少ない人や子供達)を基準にして、UVインデックスに応じた対処法をわかりやすく人々に伝えるよう提唱している。これによれば、UVインデックスが3~7の場合には、出来るだけ日陰を利用し、長袖シャツ等を利用するように、またUVインデックスが8以上の場合には、外出を控えると共に、必ず長袖シャツ等を利用することを推奨している。わが国でも、2003年に環境省から、紫外線対策の普及を目的として、保健師などを対象に「紫外線保健指導マニュアル」が刊行された(環境省,2003)。

表：UVインデックスに応じた紫外線対策（環境省「紫外線保健指導マニュアル」による）

| | | | |
|------|-------|---|---|
| 1~2 | 弱 | い | …安心して戸外で過ごせます。 |
| 3~5 | 中 | 程度 | …日中は出来るだけ日陰を利用しよう。 出来るだけ、長袖シャツ、日焼け止めクリーム、帽子を利用しよう。 |
| 6~7 | 強 | い | |
| 8~10 | 非常に強い | …日中の外出は出来るだけ控えよう。 必ず、長袖シャツ、日焼け止めクリーム、帽子を利用しよう。 | |
| 11+ | 極端に強い | | |

(WHO ; Global solar UV index -A practical guide-2002) ¹⁾。

4 - 2 国内の紫外線

4 - 2 - 1 2004年の状況

札幌、つくば、鹿児島、那覇において観測された2004年のUV-B日積算値とその7日移動平均値を、参照値(1991(つくばは観測開始の1990)~2003年の平均値)とともに、図4-2-1に示す。2004年のUV-B日積算値の状況は、札幌では6月から8月にかけて変動が大きく、7月上旬を除き6月下旬から8月下旬まで参照値に比べ多い値を示す日が多かった。年最大値は7月下旬に記録した。つくばでは一年を通じて参照値に比べ多い値を示す日が多かった。年最大値は6月下旬に記録した。鹿児島では、5月を除き、一年を通じて参照値に比べ多い値を示す日が多かった。7月下旬に年最大値を記録した。那覇では2、4、10、11月に参照値に比べ多い値を示す日が多かった。年最大値は8月上旬に記録した。

2004年のUV-B日積算値の月平均値を参照値(1991(つくばは観測開始の1990)~2003年の月平均値)と比較する(図4-2-2)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が反映されたものと考えられる。

図4-2-3に2004年の各観測地点における日最大UVインデックスを示す。点は日最大値、細実線は日最大値の累年平均の15日移動平均を示す。値が大きくばらついているのは、天気の影響とオゾン量やエアロゾルの変動によるものである。日本国内で観測されるUVインデックスの最大値は13程度である。図4-2-4に、運用ガイド等の中で、特に配慮が不要なUVインデックス2以下、肌の露出を避けるなど配慮が必要

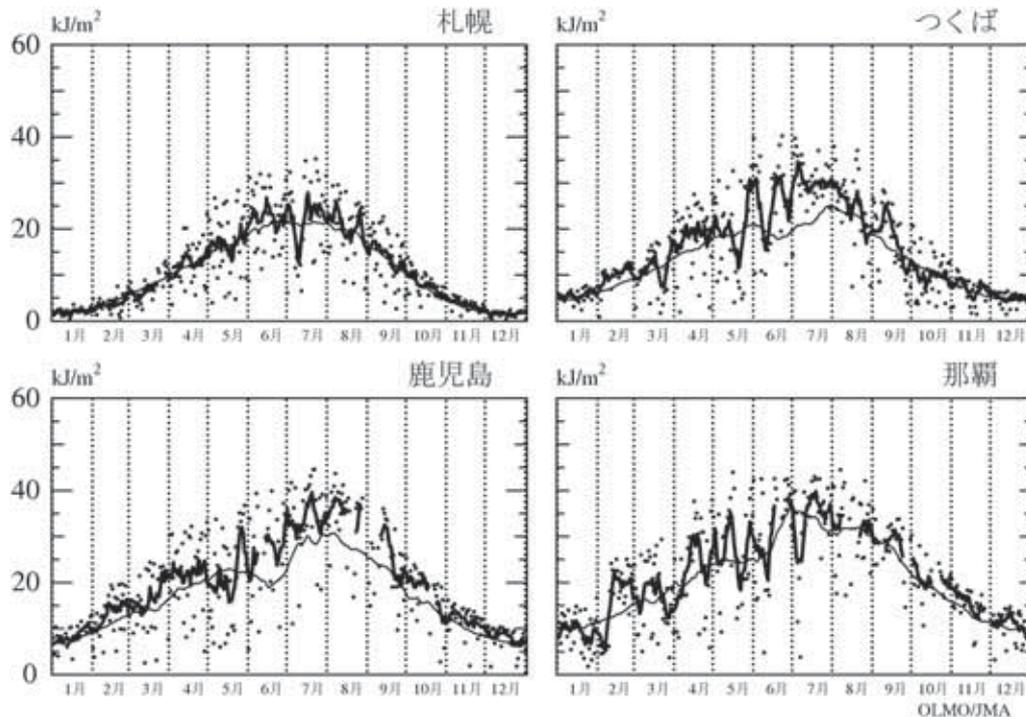


図4-2-1: 2004年のUV-B日積算値の推移

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)。

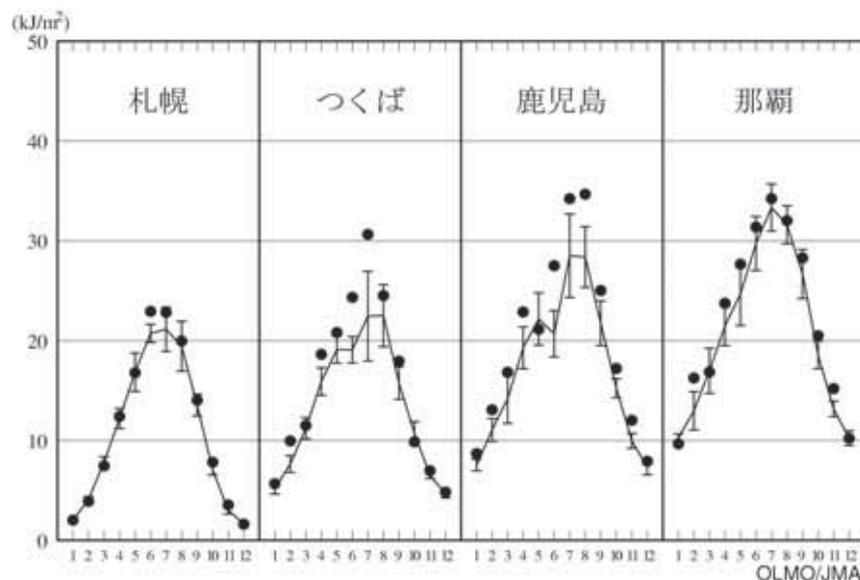


図4-2-2: 2004年の月平均UV-B日積算値の推移

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。

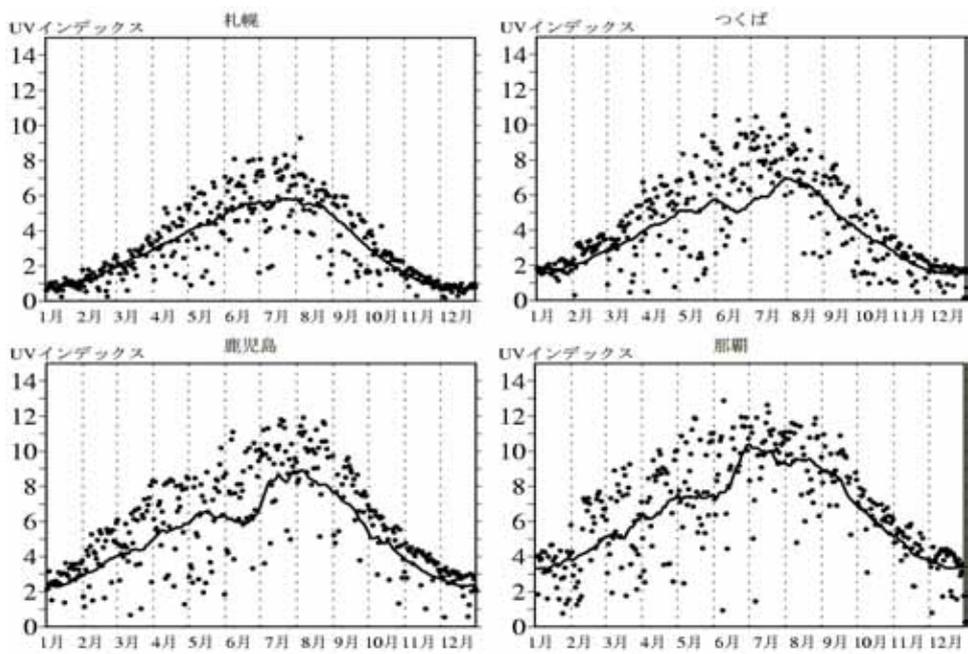


図4 - 2 - 3 : 2004年の国内4地点における日最大UVインデックスの推移
 点は日最大UVインデックス、細実線は日最大UVインデックスの参照値(1991(つくばは観測開始の1990)~2003年)の15日移動平均値。

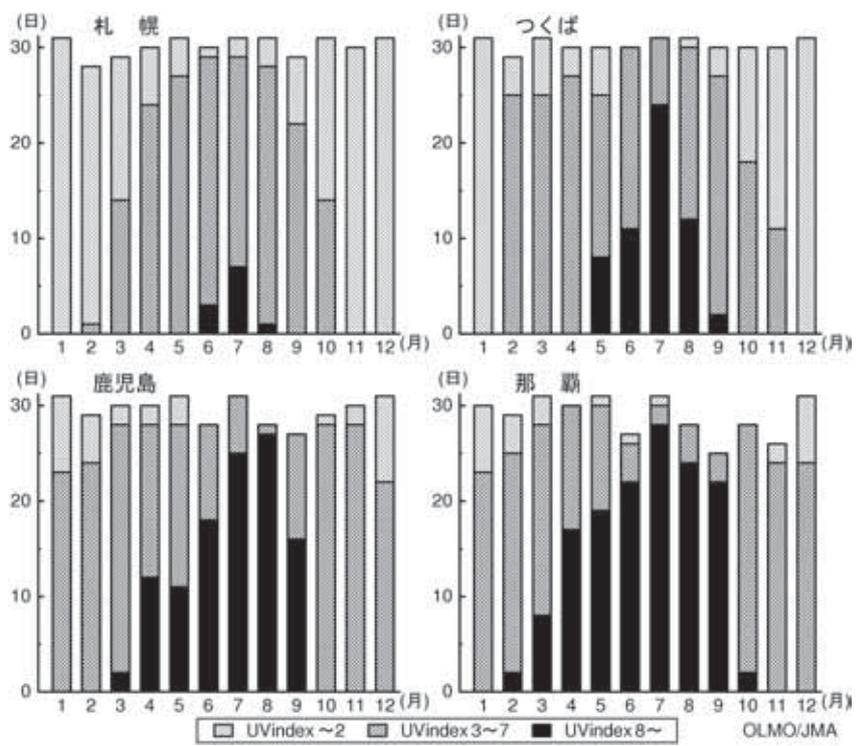


図4 - 2 - 4 : 2004年の国内4地点における日最大UVインデックスの段階別出現日数
 日最大UVインデックスの段階別出現日数を月別に示す。ただし、台風、障害等による欠測を除いている。

なUVインデックス3～7、外出時に日にあたることを避けるなど特に配慮が必要なUVインデックス8以上の月別日数を、2004年の各観測地点での観測結果に基づいて示す。これによれば、UVインデックスが3以上の日は、札幌では11月から1月の冬期間には出現していない。一方、那覇では1年を通じて出現している。また、UVインデックスが8以上の日は、札幌では6～8月に数日あるだけであるが、つくばでは5～9月、鹿児島では3～9月、那覇では2～10月にかけて出現し、特に鹿児島の6～9月、那覇の4～9月には月の半分以上の高い頻度で出現している。

なお、気象庁ではUVインデックスの算出にあたって、観測を行っていない325nmから400nmまでの波長域による寄与分については、324nmの観測値を基に推定している。これは、324～400nmの波長域の紫外線が、オゾンによる吸収をほとんど受けず、おもに雲やエアロゾルの影響によって波長にあまり依存せずほぼ一様に変動することを根拠としている。

4 - 2 - 2 紫外線の長期変化

図4 - 2 - 5と図4 - 2 - 6に、各観測地点におけるUV-B量、紅斑紫外線量の日積算値について、それぞれ観測開始から2004年までの推移を示す。UV-AとUV-Bの領域では波長が短いほどオゾンに強く吸収される一方、その強度は波長が長いほど強まることなどから、これらの量はオゾン、太陽天頂角等の変化によりそれぞれ違った振る舞いをする。これらを比べると、緯度が低いほど紫外線量は多くなっている。また、緯度の違いによる変化の割合（那覇/札幌）は、表4 - 1 - 1に示すように、波長300nmの紫外線量、紅斑紫外線量、UV-B量の順に大きくなっている。

図4 - 2 - 7と図4 - 2 - 8にUV-B量、紅斑紫外線量それぞれの日積算値の月平均について観測開始から2004年までの推移を示す。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わかり、これは梅雨、台風など天候状態の影響と考えられる。

前章のオゾン層の長期変化傾向によれば、日本国内(那覇を除く)のオゾン全量には、長期的には減少傾向が見られるが、1990年以降は年々の変動はあるものの明瞭な減少傾向が見られない(図3 - 3 - 1)。このことから、気象庁が紫外域日射観測を行っている最近14～15年間については、オゾン全量の減少に伴う紫外線量の増加傾向は見られないと考えられる。また、紫外線量は既に述べたようにエアロゾルの影響を強く受ける。特に1991年6月のピナトゥボ火山噴火後のエアロゾル量の増加は顕著であり、その影響は1994年頃まで残っていた。そのため、この時期の紫外線量はピナトゥボ火山噴火によるエアロゾルの影響を大きく受けている可能性がある。近年、紫外線量の多い年が頻出しているが、観測精度を考慮すると、有意な変化傾向が現れていると判断することはできない。

紫外線の観測結果には、オゾンが減少すると地表に到達する紫外線が増加するという関係が現れている。これまで国内で観測されたオゾンの減少と、図4 - 1 - 2に示したオゾン全量とUVインデックスの関係から、1990年以降の紅斑紫外線量は、1970年代と比較して、オゾン全量以外の要素が変化しないとすれば、最もオゾン全量の減少量が大きい高緯度の札幌において、月により最大で6%程度増加していると推定される。またUV-B量は、1970年代より最大で8%程度増加していると推定される。ここで、2つの量の増加率が異なるのは、それぞれで考慮する波長範囲が異なることによる。紅斑紫外線量は、UV-B量には含まれないオゾンによる吸収をほとんど受けない長波長成分も含んでいるため、オゾン減少に伴う増加率がUV-B量の増加率に比べて小さくなる。なお、低緯度の那覇では、オゾン全量の変化は少なく、紫外線量の変化はほとんどないものと考えられる。WMOの報告によれば、南北両半球の中・高緯度にある10箇所以上の観測点における年平均紅斑紫外線量は、1980年代前半より6～14%増加したと推定されている(WMO, 2003)。

4 - 3 2004年の南極域における紫外線

南極昭和基地では1991年から1994年1月まで紫外線の試験観測を行い、それに続いて1994年2月から定常観測を開始した。

図4 - 3 - 1に観測開始から2004年までのUV-B日積算値の推移を示す。なお、ブリューワー分光光度計の欠測期間については、並行運用を行っている広帯域紫外域日射計による全量測定値から、両測器のデータが揃っている期間の観測結果に基づき推定したものをを用いている。また、2004年10月から11月上旬にかけ

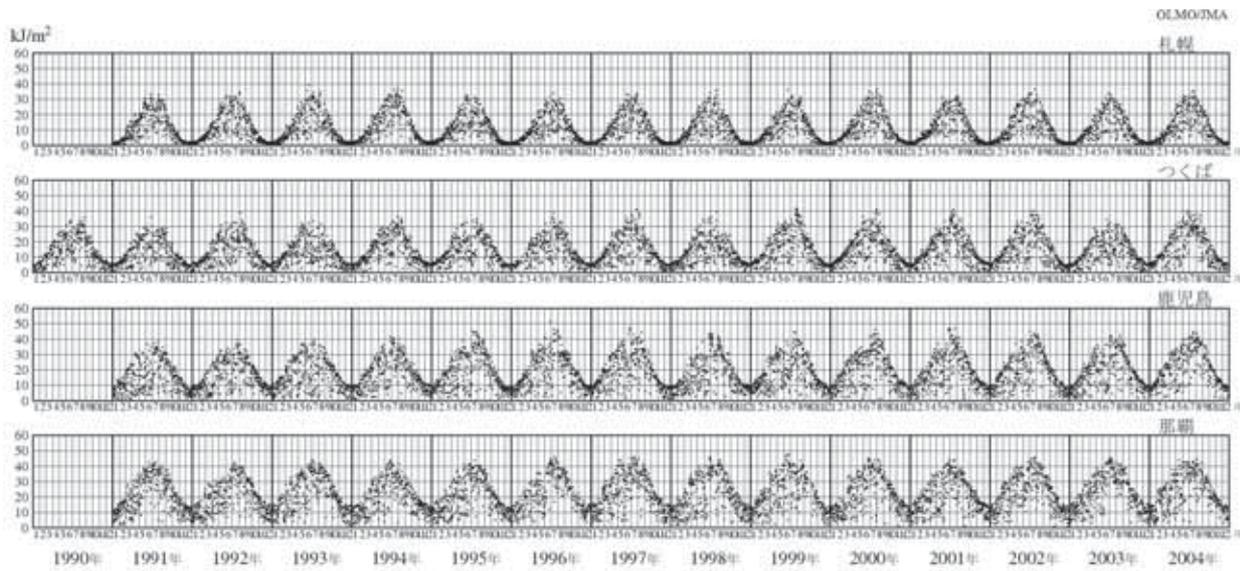


図4 - 2 - 5 : 観測開始から2004年までのUV - B 日積算値の推移
札幌、つくば、鹿児島、那覇における観測値。

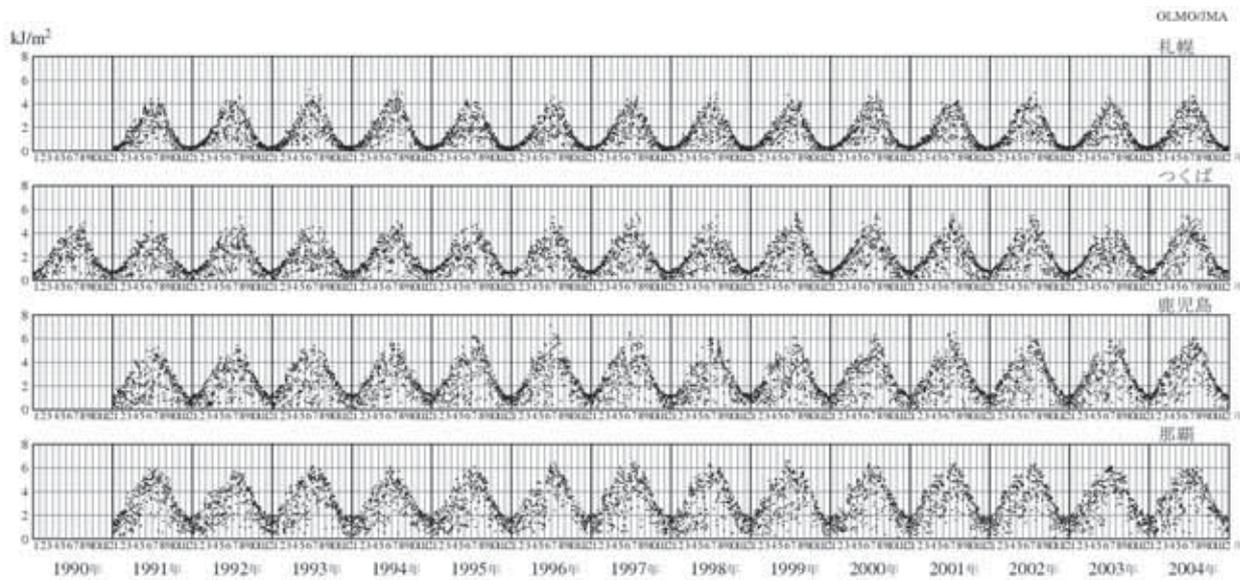


図4 - 2 - 6 : 観測開始から2004年までの紅斑紫外線日積算値の推移
紅斑紫外線日積算値の推移であるほかは図4 - 2 - 5と同じ。

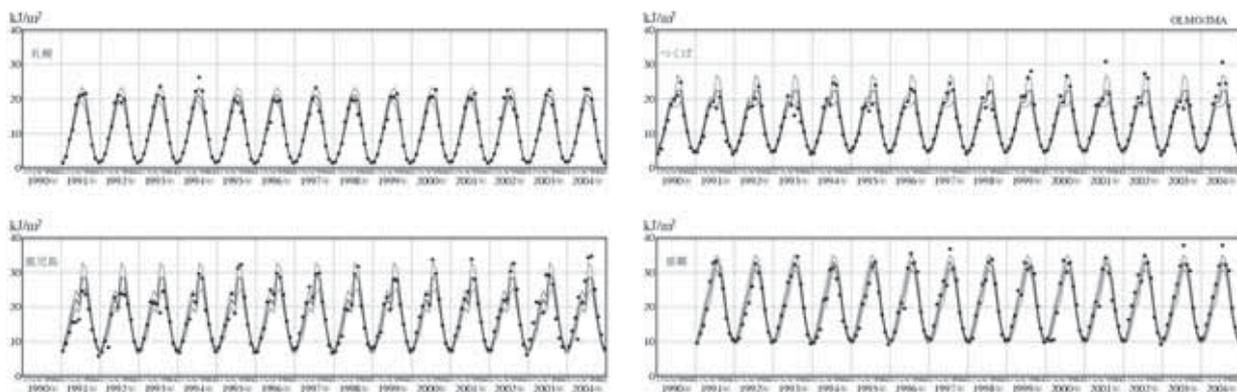


図 4 - 2 - 7 : UV - B 日積算値の月平均値の推移

札幌、つくば、鹿児島、那覇における観測値。印は月平均値。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を示す。

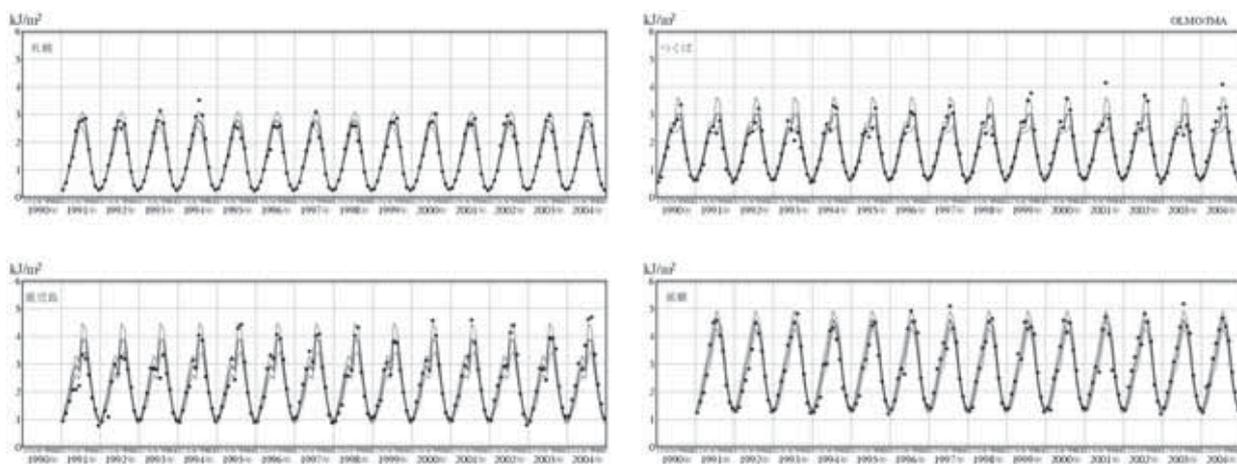


図 4 - 2 - 8 : 紅斑紫外線日積算値の月平均値の推移

紅斑紫外線日積算値の月平均値の推移であるほかは図4 - 2 - 7と同じ。

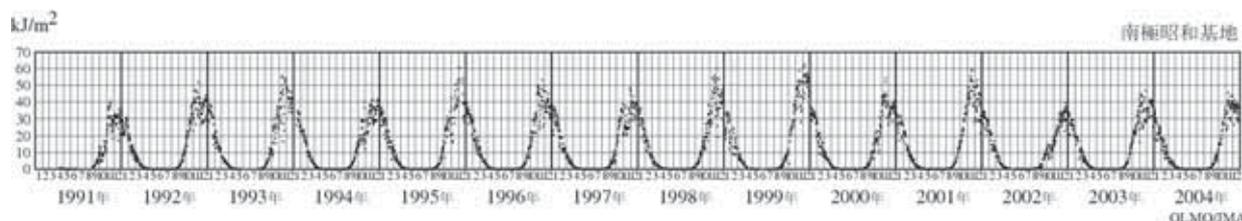


図 4 - 3 - 1 : 観測開始（1991年）から2004年までの南極昭和基地におけるUV - B 日積算値の推移

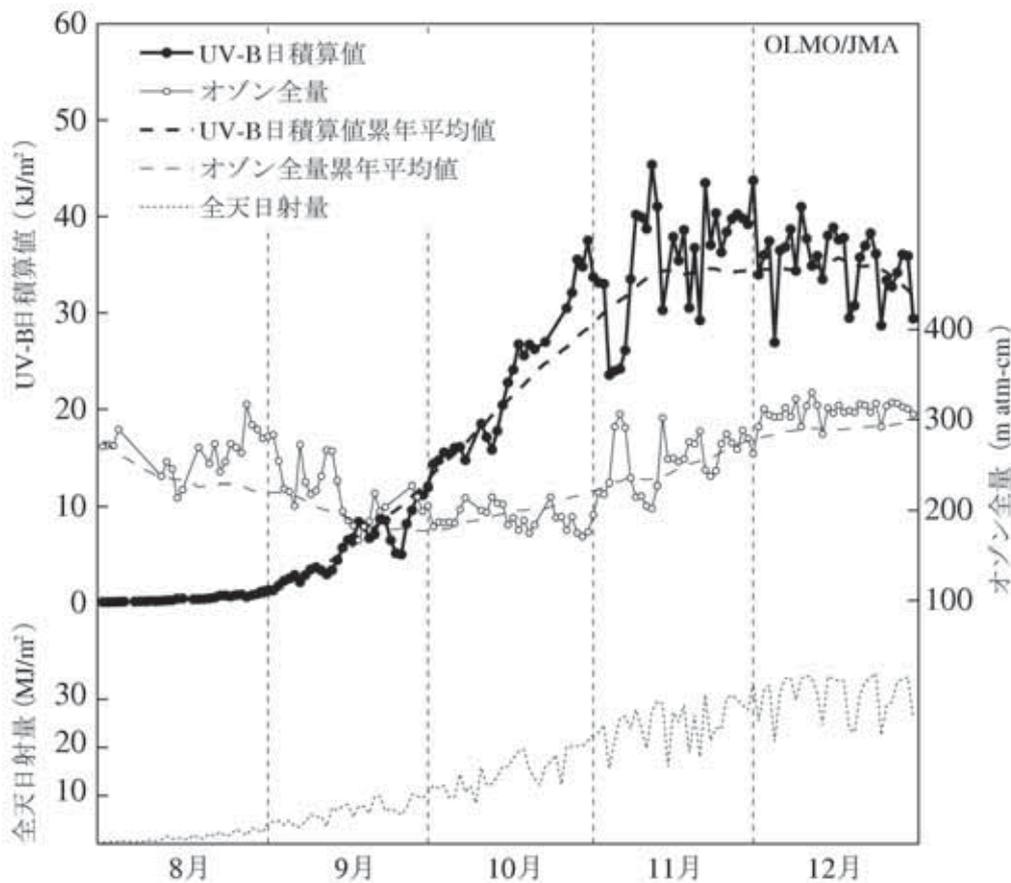


図4 - 3 - 2 : 2004 年の南極昭和基地における UV - B 日積算値とオゾン全量

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。

て、定常観測に使用しているブリューワ - 分光光度計に障害が発生したため、予備機(単分光方式)のデータを用いている。

2004 年 8 ~ 12 月の UV-B 日積算値、UV-B 量に影響を及ぼす天候、特に雲の影響の指標である全天日射量及びオゾン全量の推移をそれぞれの累年平均値(1991 ~ 2003 年の平均)とともに図 4 - 3 - 2 に示す。極夜の明けた後の 8 月から 12 月にかけて南中時の太陽天頂角が小さ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 UV-B 量も増加している。日々の UV-B 量の変動を見ると、全天日射量と対応しているが、それ以上にオゾンの変動の影響を強く受けている。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 45.38 kJ/m^2 、毎時値の最大は 11 月 25 日 12 時の 1.697 W/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。

昭和基地で観測された UV-B 日積算値の観測開始以来の最大値は、1999 年 12 月 10 日の 61.43 kJ/m^2 であり、鹿児島で 1996 年 6 月 28 日に観測された国内最大値 51.52 kJ/m^2 より約 20% も大きくなっている。昭和基地は国内 4 地点に比べ高緯度(南緯 69 度)に位置しており、最大時の太陽高度は国内に比べはるかに低いものの、夏季の日照時間は国内に比べて長い。さらにオゾンホールの影響で上空のオゾン量が少ないこと、大気が清浄でエアロゾル量が少ないこと、地表面が雪氷で覆われ反射率が高いことといった要因が重なり合っ