

1-3. 紫外線量の変動要因

紫外線の量は、太陽の高度、オゾン全量、雲の状況、エアロゾルの量、地表面の反射率などの変化によって変動する。天気の変化は雲量の変化というかたちで紫外線量に影響を与える。海拔高度の高いところでは、大気層の厚さが薄くなることにより、紫外線量が増加する（+10～12%/1,000m）。また、大気汚染や霞といった現象は、地上における大気混濁度を地域的に増加させ、紫外線量を減少させる要因となる。

太陽高度とオゾン全量の変化による紫外線量の変化

太陽高度は紫外線量に特に大きく影響し、太陽高度が高いほど一般に紫外線量は増加する。そのため、オゾン量や雲など、他の条件が同じなら、紫外線量は1日の中では正午頃、1年の中では夏至前後に最大となり、また国内では緯度の低い地方ほど多い。

なお、太陽高度が同一だとすると、オゾン全量が増加するほど紫外線はオゾンによる吸収を強く受けて減少する。また、オゾン全量が同一のときには、太陽高度が低いほど、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受けて大きく減少する。

紫外線の季節変動

図 3-1-3 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動を示す。全天日射量が 5 月に最大となっているのは、太陽の高度が高く、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。全天日射量は 5 月に最大になるものの、UV インデックスはオゾン全量の季節変動の影響を受け、全天日射量のピークよりも遅れて 7～8 月に最大になる。これは、中緯度のオゾン全量が春に最大になり、その後、秋に向かって徐々に減少していくためである。

なお、UV-A については図には示していないが、全天日射量とほぼ同じ季節変動が見られる。

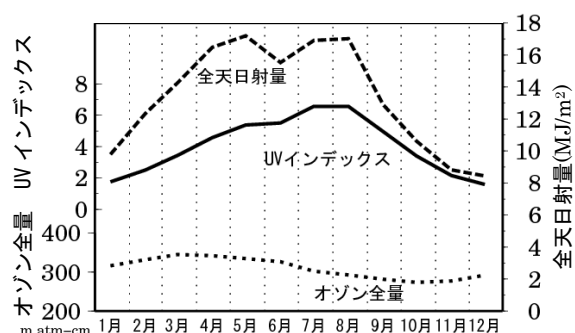


図 3-1-3 全天日射量と UV インデックスの季節変動

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動。点線はオゾン全量の 1 年の変動を示す（統計期間：1994～2008 年）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告：2010 より

(参考) 紫外線に対する太陽高度とオゾン全量の影響の同時評価

「太陽高度とオゾン全量の変化による紫外線量の変化」の項で述べたように、太陽高度が高いほど紫外線量は増加し、オゾン全量が増加するほど紫外線量は減少する。また、オゾンによる紫外線の吸収は太陽高度の影響を受ける。

そこで、太陽高度を air mass (日射が通過する大気層の厚さ。「大気路程」という) で表し、 air mass にオゾン全量を乗じた「実効オゾン全量」を用いることにより、オゾン全量が紫外線量に与える影響を、太陽高度の影響を含めて一元的に評価がすることが可能となる。

図 3-1-4 に、つくば上空のオゾン全量 (TOMS 及び OMI データ) と正午 (つくば南中時) の air mass ($\text{air mass}_{\text{min}}$) 及び実効オゾン全量 ($\text{air mass} \times \text{オゾン全量}$) を示した。オゾン全量が春季に高濃度を示した後、秋季にかけて減少し再び増加するのに対して、実効オゾン全量は太陽高度 (air mass) の影響を受けて、7 月～8 月に最低、12 月に最高となる季節変化を示す。

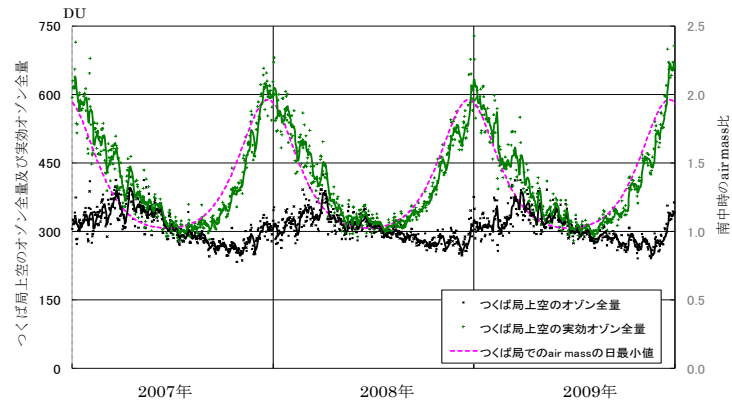


図 3-1-4 実効オゾン全量の特徴

黒の点は 2007～2009 年のつくば局上空のオゾン全量 (NASA 衛星データ)、黒太線はその 7 日間の移動平均を示す。破線はつくば局での air mass の日最小値を表す (右縦軸: 太陽が真上 (90°) にある時の大気路程を 1 とした時の相対比)。さらに、オゾン全量に air mass を乗じたものが実効オゾン全量 (正確には日代表値) で、灰色の点で示されている。灰色の太線は実効オゾン全量の 7 日間移動平均値を表す。

(出典) 国立環境研究所提供データ

図 3-1-5 に、有害紫外線モニタリングネットワークの一環で国立環境研究所が実施する 4 観測局 (陸別 (北海道)、落石 (北海道)、つくば (茨城県)、波照間 (沖縄県)) における実効オゾン全量と紫外線 (UV-B) の変化を示した。この図からは、地区、季節を問わず、実効オゾン全量と UV-B 量がきれいな逆相関を示していることが分かる。紫外線の季節変動は、実効オゾン全量を用いることにより明瞭に説明が可能である。

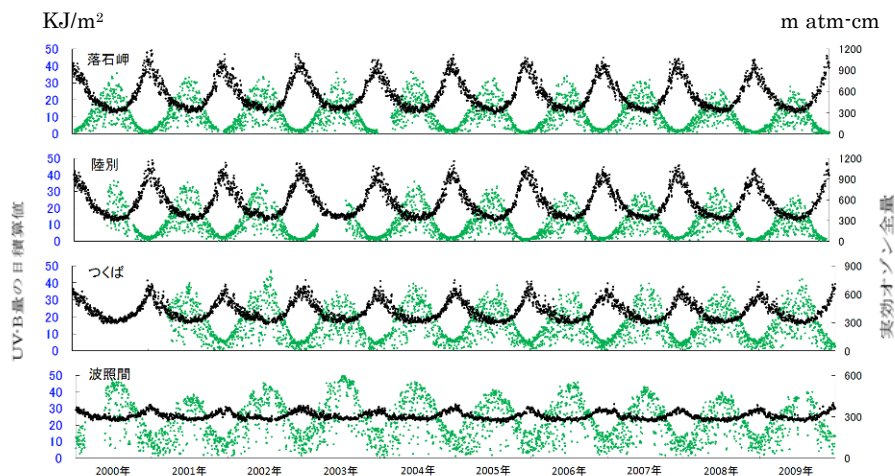


図 3-1-5 実効オゾン全量と UV-B 量の推移 (2000～2009 年)

灰色の点 (左縦軸) は UV-B 量の日積算値、黒点 (右縦軸) は実効オゾン全量である。オゾン全量は衛星データを使った。(出典) 国立環境研究所提供データ

雲による影響

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 3-1-6 に、快晴の日の UV インデックスを基準とした、天気ごとの UV インデックスの相対的な割合を示す。これによると、晴、薄曇、曇、雨と天気に変化するにつれ、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。

なお、雲は基本的には太陽光を遮るが、条件によっては、散乱効果により紫外線の強度を増加させる場合もある。例えば、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%を超える紫外線の強度の増加が観測されることがある (Estupinan et al.,1996)。

なお、これまでに国内で観測された紅斑紫外線量の時別値が最大値となった事例 (表 3-1-2) をみると、全ての事例で全天の 80%以上が雲に覆われている状況であった。

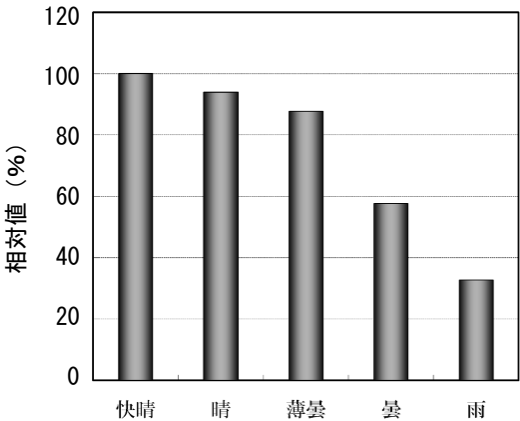


図 3-1-6 天気と UV インデックスの目安

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。なお、「快晴」は雲量 0～1、「晴れ」は雲量 2～8、「曇」「薄曇」は雲量 9～10 であって、降水現象がない状態を示す。このうち、「薄曇」は上層の雲が中・下層の雲より多い状態をいう。(出典) 気象庁 オゾン層観測報告：2010 より

表 3-1-2 これまでに観測された最大の紅斑紫外線量

項目	観測地点				
	札幌	つくば	鹿児島	那覇	南極昭和基地
時別値 (mW/m ²)	244	276	327	349	300
UV インデックス換算値	9.8	11.1	13.1	14.0	12.0
観測日時 (現地時間)	1997. 7. 27 12h	2009. 8. 1 11h	1996. 6. 28 13h	1996. 8. 5 13h	2006. 11. 23 12h
日積算値 (kJ/m ²)	5.55	5.90	7.09	6.60	8.66
観測日	2013. 6. 13	2011. 7. 17	1996. 6. 28	1999. 6. 16	2006. 11. 23
日積算値の月平均値 (kJ/m ²)	3.55	4.09	4.66	5.17	6.97
観測月	2007. 7	2004. 7	2004. 8	2003. 7	1999. 12

※観測期間は、札幌及び那覇は 1991～2013 年、つくばは 1990～2013 年、鹿児島は 1991～2005 年 3 月、南極昭和基地は 1993～2013 年である。(出典) 気象庁提供データ

(参考) 雲量による紫外線量の割合の変化

「雲による影響」の項で、快晴、晴、薄曇、曇、雨と天気に変化するにつれ、UV インデックスが減少していくことが示された。図 3-1-7 には、雲量別 (0:快晴、5:晴れ、9:曇り) にオゾン全量と CIE 紅斑紫外線量/全天日射量 (比) の関係を示した。雲量が大きくなるにつれて CIE 紅斑紫外線量/全天日射量 (比) が大きくなることを示されている。これは、雲量が増えるに従い、全天日射量、UV-A 量、UV-B 量は減少する (UV インデックスが小さくなる:図 3-1-6) が、全天日射量に占める CIE 紅斑紫外線量の割合が高くなることを意味する。

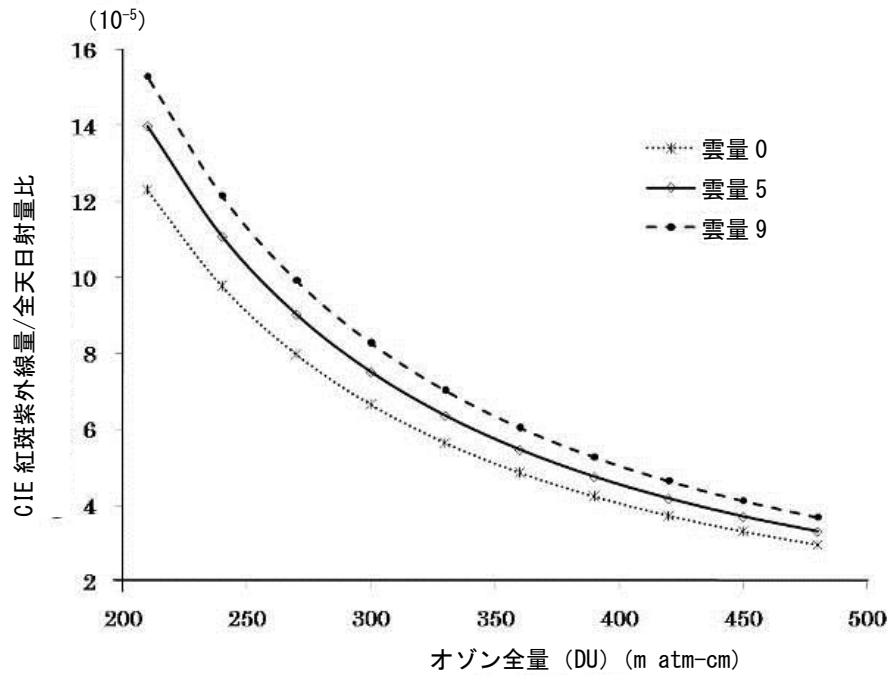


図 3-1-7 オゾン全量と CIE 紅斑紫外線量/全天日射量比の関係
鹿児島で午後 3 時に観測されたオゾン全量と CIE 紅斑紫外線量/全天日射量比を示す。
(出典) 国立環境研究所提供データ

エアロゾルの影響

エアロゾルは大気中に浮遊する直径 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度の固体若しくは液体の微粒子のことで、大気汚染物質等を起源とする硫酸エアロゾル、海水が風で巻上がってできる海塩粒子、化石燃料等の燃焼によるすす、黄砂などがある。エアロゾルは紫外線を吸収・散乱するため、エアロゾル量が多いと地表に達する紫外線量は減少する。

図 3-1-8 に、つくば市で快晴時に観測された UV インデックスの日変化と、大気中にエアロゾルが存在しないと仮定して、放射伝達モデルを用いて計算した UV インデックスの日変化を示す。この日に観測された 9 時～15 時の UV インデックスは、エアロゾルがないとした場合に比べ、17～20%小さくなることがわかる。この日は普段より比較的エアロゾルが多い日だったが、顕著な黄砂の時などもっとエアロゾル量が多い場合には、UV インデックスはさらに小さくなる。なお、エアロゾルが UV インデックスに及ぼす影響は、地域や季節によって異なる。さらに、エアロゾル量は日々大きく変動し、また、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に及ぼす影響の大きさは一定ではない。

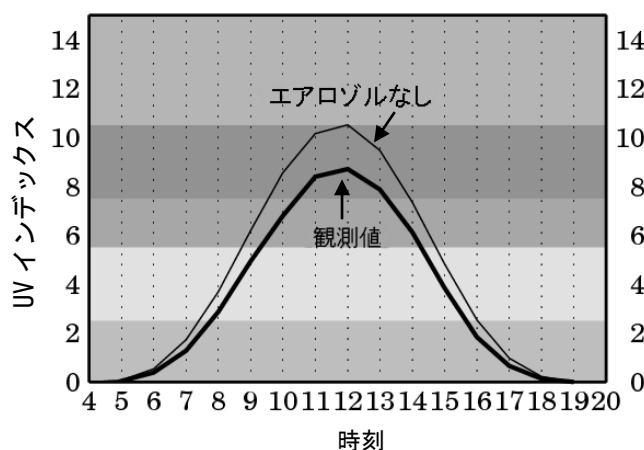


図 3-1-8 エアロゾルの有無による紫外線量の違い

つくば（高層気象台）で 2004 年 7 月 7 日に観測された毎時の UV インデックス（太線）と、同日のエアロゾルが全くないと仮定した場合の UV インデックスの推定値（細線）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告：2010 より