

都内の有害紫外線（UV-B）のモニタリング結果について

小峯美奈子* 早福正孝** 古明地哲人 岩崎好陽
(*非常勤研究員 **現環境評価部)

要 旨

都内における有害紫外線（UV-B）量の測定を96年7月～02年3月まで行った。約6年間のUV-B量に大きな増加傾向は見られなかったが、99年と01年の7、8月はUV-B量が特に高くなった。冬至前後は、ほぼ一定であった。

全天日射量域に占めるUV-B量を表す紫外線率は、夏季が冬季の約2.5倍となり、梅雨時期も紫外線率が高いことがわかった。また、晴天日の場合に紫外線率は低くなった。雨や本曇りの場合は値が高くなる傾向が見られ、散乱によって大きく変化することがわかった。本曇りの場合、快晴時の約18%のUV-B量があった。一方、日射量が2.0MJ/m²以上の薄曇りの場合は快晴時の約69%であった。中程度の曇りの状態では快晴時の約35～52%であった。また、降雨時においても、わずかではあるがUV-B量が地上に到達しているという結果が得られた。

キーワード：有害紫外線 UV-B量 日射量 オゾン層破壊

1 はじめに

フロン等によるオゾン層の破壊により、有害紫外線（UV-B）が増加し、皮膚ガンや白内障といった人間の健康や、生態系への影響の増加が予想されている¹⁾。気象庁の報告によれば、経年的に北に位置している観測地点ほどオゾン全量の減少傾向が大きくなっている²⁾。また日本付近の夏至、南中時の例において、オゾン以外の要素に変化がないとすれば、オゾン全量が1%減少したとき、有害紫外線量は1.65～1.9%増加すると考えられている³⁾。紫外線は、200～400nmの電磁波で、波長域により、UV-A（320～400nm）、UV-B（280～320nm）、UV-C（200～280nm）に区分される。太陽から放射される紫外線の中で、UV-Cは全く地表に到達はせず、実際に地表に到達する紫外線は全体の約6%で、大部分がUV-A（約5.8%）で、残りが透過したUV-B（約0.2%）である^{1)、4)}。

現在、気象庁が90年から国内各地においてUV-Bの連続測定を行っている²⁾。また、東京都では日射量は昭和57年度から測定を行ってきたが、UV-Bについての観測はなかった。そこで都では「東京都地球環

境保全行動計画（1992）」に基づき、UV-Bの観測を96年から開始した。本来、この種のデータは数十年という長期間に渡って測定される必要がある。今回は96～01年度までの約6年間という短期間ではあるが、若干の結果が得られたので、ここに報告する。

2 測定方法

(1) 測定機器

測定には、ブリューワー分光光度計（No.125）を用いた。平面反射型回折格子の角度を変化させ、入射する紫外線の波長を変えて、280nm～315nmまでの波長を0.5nm毎で太陽光を分光し、紫外線強度を測定した^{5)、6)}。

(2) 測定地点

東京都江東区当研究所屋上
（東経139° 49′、北緯35° 39′、海拔約33m）

(3) 測定期間とデータ処理方法

96年7月～02年3月に行い、日の出から日没までの太陽高度を追尾し、1時間に1回、正時前後に測定し、この値を1時間値（毎時UV-B量）として、データ処理した。日積算量は1日に紫外線が暴露される合

計量で、単位はKJ/m²で表す。例えば1000mW/m²は3.6KJ/m²に相当する⁷⁾。解析に用いた日射量は大気汚染常時測定局の測定結果を使用した^{8), 9)}。

3 結果と考察

(1) 経年変化

表1に、各年の年平均値を示す。96年は測定開始が7月であり、データ数が少ないため、参考値として載せてある。約6年間におけるUV-B量に大きな増加傾向は見られなかった。

96~01年の年平均値は毎時UV-B量が267.5mW/m²で、年平均増加率は1.0%であった。また、日積算量の年平均値は13.2KJ/m²で、年平均増加率は0.7%であった。各年をみると値にばらつきがあり、一定ではない。98年は、UV-B量が大きくなる6~8月の晴天日が他の年より極端に少なかったため、低い値になったと思われる。

表1 UV-Bの年平均値

年	毎時UV-B量 (mW/m ²)	日積算量 (KJ/m ²)
'96	(260.9)	(13.0)
'97	270.1	13.4
'98	247.2	12.2
'99	281.4	13.8
'00	274.0	13.4
'01	270.9	13.3

※毎時UV-B量は1時間に一回、正時前後に測定した値
 ※日積算量は、1日にUV-Bが暴露される合計量

図1に96年7月~02年3月までのUV-Bの日積算量の月平均値を示す。7月が最高になり、12月が最低となる変動を繰り返している。太陽高度が最も高くなる6月の夏至前後は梅雨や台風など、天候の影響により、年最高値は出現せず、梅雨明けの7月後半から8月前半に、日積算量が高くなる傾向を示した。99、01年の7、8月は日積算量が高くなった。

気象庁が90年からつくばで、また91年から札幌、鹿児島、那覇で有害紫外線の測定を行っている^{10), 11)}。4地点中、低緯度である那覇が最も高く、96~01年

の日積算量の年平均値は21.1KJ/m²であった。次いで鹿児島が17.8KJ/m²、つくばが13.9KJ/m²、札幌は10.5KJ/m²で、環研はこの4地点の中では緯度差の小さいつくばとほぼ同じであった。特に環研の01年7月は日積算量の月平均値が29.8KJ/m²となり、過去最大となった。気象庁で測定しているつくばはこの月に30.8KJ/m²となり、やはりつくばにおける日積算量の月平均値の中では過去最大であった¹¹⁾。01年は関東地方の梅雨明けが平年(7月20日)に比べ早めだったため(7月1日)、晴天日が多かった。このことから7月のUV-B量が高くなったと考えられる。

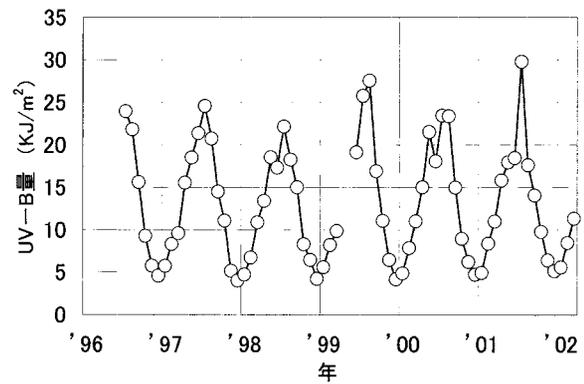


図1 UV-Bの日積算値の経年変化 (96年7月~02年3月)

また、年間で最も低い値となる冬至前後は、ほぼ一定であり、10月~翌年の4月頃までの日積算量は、各年ともに例年並みであった。

気象庁が測定を行っている各地点についても環研と同様、大きな増加傾向はみられていない。しかし、国内のUV-B量は1970年代と比較すると、最大で6~7%増加していると考えられており¹²⁾、今後のUV-B量の変動には注目していくことが必要である。

(2) 最高値

96年7月~01年3月までに観測されたUV-Bの各要素の最高値を表2に示す。96年7月~01年3月のうち、毎時UV-B量の最高値は96年8月13日13時の1966mW/m²であった。測定期間中、1900mW/m²以上の毎時UV-B量は98年7月27日13時と、99年7月14日12、13時に出現している。1900mW/m²以上となったこれらの日は快晴日ではなく、雲量のある天気状況であった。日中、短時間であるが、雲の合間にある「晴れ間」に高い値を示す場合があり、快晴日でなくとも

強いUV-B量が地上に達する可能性が考えられる。

測定期間中（96年7月～01年3月）における環研の各要素の最大値と、気象庁が（観測開始以来01年末まで）観測した最大値との比を表2に示す¹²⁾。各要素とも那覇は環研の約1.2倍であり、環研は札幌の約1.1倍となった。

表2 測定期間中の紫外線日射の各要素の最大値と比

項目	環研	比(各地点/環研)		
		札幌	つくば	那覇
毎時日射量 観測日	1966 mW/m ² 1996年8月13日 13時	0.90	1.00	1.22
日積算量 観測日	40.69 KJ/m ² 1998年7月27日	0.96	1.02	1.17
日積算量の月平均値 観測日	29.76 KJ/m ² 2001年7月	0.88	1.04	1.23

(気象庁の値は1990～2001年末までの値を使用した)

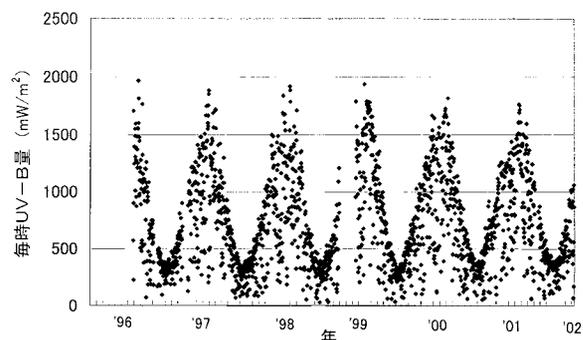


図2 毎時UV-B量の日最高値の推移 (96年7月～02年3月)

毎時UV-B量の日最大値の推移を図2に示す。7月をピークにして、12月に低くなった。日積算量の月平均値では01年が高くなったが、毎時においては他の年と比較すると低くなっている。1時間あたりのUV-B量が低くとも、照射時間が長時間の場合は、UV-Bの人体に暴露される量が増加すると考えられる。また測定開始年の96年や99年は1900mW/m²以上の値がみられ、日中のわずかな時間であっても、強いUV-B量に暴露される場合があるといえる。

日積算量の最大値を月ごとにプロットしたものを図3に示す。経年的変化に増加傾向はなく、ほぼ横ばいであった。日射が最も強くなる夏季が高く、12月に低くなるパターンを示している。

7月は年間のピークとなり、12月の約5.8倍であった。また各年共に40KJ/m²近くになった。梅雨時期の6月であっても、7、8月に次ぐ測定値であり、梅雨時期の晴天日にUV-B量が高くなる日もあった。ま

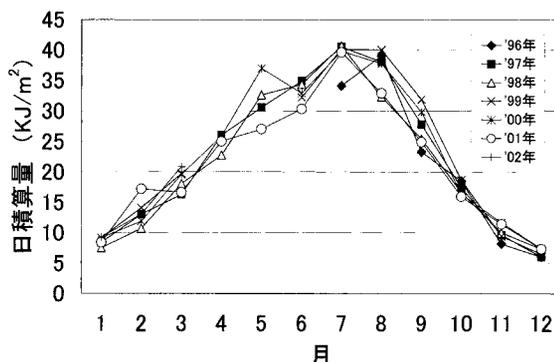


図3 UV-B量の月最高値（日積算量）

た5月に高い値が観測されることもあった。5月の最大値は00年で、7月平均の94%のUV-B量があり、梅雨前のUV-B量も高くなる場合がある。

(3) 紫外線率

図4に99～01年の環研から約4km離れた晴海測定局における日射量の月平均値の経年変化を示す。また補足として町田測定局の90～01年までの測定値を載せている^{8), 9)}。

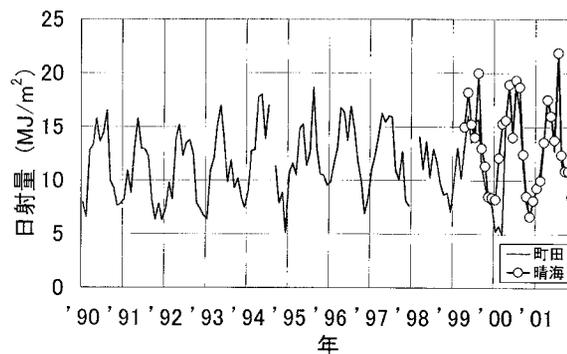


図4 日射量の経年変化 (90～01年)

日射量の12年間の平均増加率は約1.4%で増加傾向にあった。図より、都心部にある晴海は、都内西部に設置された町田とほぼ同程度であり、東京の場合、日射量に地域差がないことがわかった。本報告では晴海の値を使用した。

図5に晴海の日射量の月平均値とUV-B量の日積算量の月平均値との相関をみた (n=31)。R²=0.7819となり、両間には正の相関があると考えられる。ばらつきがあるのは、日射量が1時間の積分値であるのに対し、日積算量はUV-B量を1時間に1回、正時前後の約8分間に観測した値を1時間値として換算したものであり、測定時間の相違も考えられる。

しかし、雲や大気中の微小の粒子などによる散乱、吸収および反射により、UV-B量と日射量は雲を透過する量に差があるのではないかと推測した。

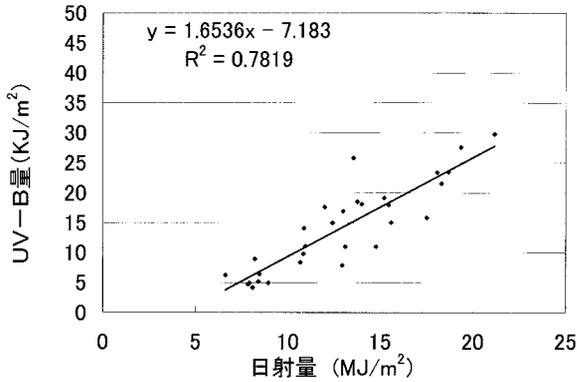


図5 UV-B量と日射量の相関

そこで、太陽から到達する全天日射量(290~3000nm)の領域のうち、UV-B領域(280~315nm)の占める割合を紫外線率とし、その月別変化を図6に示した¹⁵⁾。

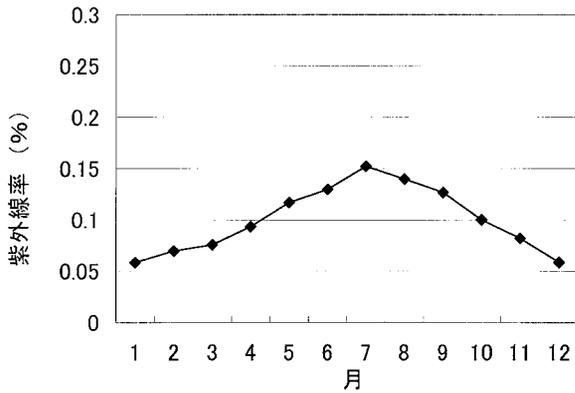


図6 紫外線率の月変化(99~01年)

グラフに使用したのはUV-Bの日積算量と日射量の日積算量の値である。7月にピークとなる形になった。年平均は0.1%であった。7月が0.15%、12月が0.06%で、7月は年間の最低値となる12月に比べて約2.5倍の紫外線率があった。

夏季に紫外線率が高くなるのは、夏季の日中は太陽高度が高く(環研の夏至の南中高度は約78°)、オゾン層や、雲を通り抜ける太陽光路が短いため、その分UV-B量の地上到達量が増加する。また、冬季や明け方、または夕方の場合には、太陽高度が低くなり(環研の冬至の南中高度は約31°)、UV-B量は小さく

なる¹³⁾。従って、夏季における紫外線率が高くなるため、梅雨時期の日射が少ない場合でもUV-B量はかなり到達していると考えられる。

表3に紫外線率を天候別に比較したものを示す。99~01年の6~8月と11月~翌年1月の正午に測定した毎時UV-B量と、晴海の正午の日射量を使用した。また、各天候別に紫外線率の平均値、標準偏差、最大値、最小値を示した。12時の天気状況は気象庁の日原簿を使用した(n=514)¹⁴⁾。

表3 天候別紫外線率(99~01年)

	(%)				
夏季	雨	曇り	晴	薄曇	快晴
平均	0.24	0.19	0.17	0.16	0.16
標準偏差	0.12	0.07	0.04	0.05	0.02
最高	0.65	0.43	0.38	0.33	0.19
最低	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10
	(n=256)				
	(%)				
冬季	雨	曇り	晴	薄曇	快晴
平均	0.16	0.13	0.08	0.10	0.08
標準偏差	0.09	0.06	0.02	0.02	0.01
最高	0.39	0.30	0.14	0.16	0.12
最低	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05
	(n=258)				

冬季は夏季に比べ、UV-B量が低いため、紫外線率そのものは小さい。しかし、どちらの季節においても晴天日や薄曇の場合、値は小さくなり、逆に雨や本曇りの場合は値が大きくなる傾向が見られた。高尾ら¹⁶⁾、一木ら¹⁷⁾は雲などの下層大気中において、UV-Bのような波長の短いものは上空のオゾン層等により、散乱成分が大きくなるため、日射量は強い散乱を受けるが、UV-Bは雲による減衰が日射量より小さくなると推測している。

(4) 雲による影響

日射の強弱は雲の濃淡に影響を受けるとして、曇りの日におけるUV-B量の雲に対する透過を検討した。99~01年の6~8月のUV-B量が最大となる正午の値を用いて、雲の状態と透過したUV-B量の関係を求め、これを図7に示す。

紫外線率と同様に、天気状態は気象庁の日原簿より、曇りの日を使用し、その時の日射量を用いて雲を指標化して分類し、それぞれのUV-B量の平均値、標準偏差、最大値、最小値を示した。快晴と雨の場合は日射量による分類ではなく、天気状況を使用した¹⁴⁾。

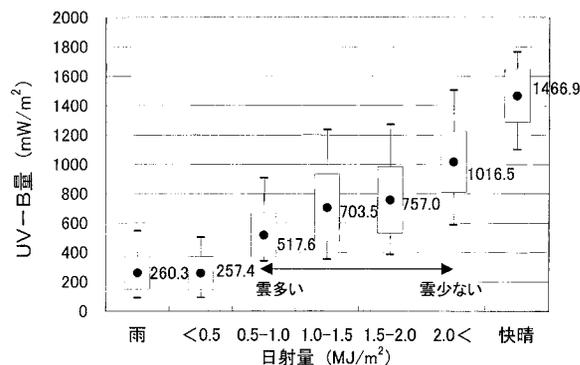


図7 雲の状態と透過したUV-Bの関係
(図中の数値はUV-B量の平均強度)

快晴時のUV-B量を100としたとき、日射量が0.5MJ/m²以下の本曇り状態の場合、快晴時の約18%のUV-B量があった。一方、日射量が2.0MJ/m²以上の薄曇りは快晴時の約69%であった。中程度の曇りの状態では約35~52%、また降雨時においても、雲の状態によってUV-B量が透過していると考えられる。

4 まとめ

都内におけるUV-B量の観測を行い、次のような結果が得られた。

- (1) 96年7月~01年3月までの約6年間におけるUV-B量に大きな増加傾向は見られなかったが、99、01年の7、8月は特に高くなった。日積算量の年平均値は、気象庁で観測しているつくばの値と同程度であった。年間で最も低い値となる冬至前後は、ほぼ一定であった。
- (2) 紫外線率は、7月にピークとなった。夏季は冬季の約2.5倍程度の紫外線率があり、梅雨時期においてもその値が高いことがわかった。また晴天日や薄曇りの場合に値は低くなり、雨や本曇りの場合は値が高くなる傾向がみられ、散乱によって大きく変化することがわかった。
- (3) UV-B量は雲の状況によって、多いときには快晴時の約69%のUV-B量になる場合もあった。中程度の曇りの状態では約35~52%、また降雨時においても、本曇りの場合よりもUV-B量が透過していることが考えられる。

5 おわりに

紫外線の人体に対する影響について認識の高いオー

ストラリア、アメリカでは日中の紫外線の注意度を促すものとして「UV-index」と呼ばれる指標により、注意を呼びかけている^{18),19)}。このUV-indexは、人体に影響する紫外線量として、観測した波長別紫外域日射量に作用関数を乗じた値を使用している。この値は、UV-Bだけではなく、UV-Aの影響も考慮したもので、本研究のUV-Bの測定結果のみでは、評価が充分でない。また、約6年間という短い期間であったが、都内におけるUV-Bの経年的結果が得られた。UV-B量は1970年代に比べ、最大6~7%増加していると考えられており、今後の動向に注目していく必要がある。

なお、この研究は総務部計画課より執行委任を受けたものである。

謝 辞

データ処理等、多大なお世話を戴いた気象庁観測部各位に深い感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 環境庁「オゾン層保護検討会」：オゾン層を守る，pp.35~47.
- 2) 気象庁：気候変動監視レポート2001, pp.38~41 (平成14年度).
- 3) 気象庁：異常気象レポート'94, pp.271~pp.293 (1994).
- 4) フロン黒書編集委員会編：フロン黒書，地球環境フォーラム，pp.9~13, (1997).
- 5) 早福正孝：東京における紫外線B (UV-B) の観測結果，東京都環境科学研究所年報1999, pp.124~128, (1999).
- 6) 伊藤朋之ら：地上到達紫外線量の監視技術の開発，研究時報，43巻，5号 (1991).
- 7) 迫田優一：有害紫外線の観測について (その1：観測手法等)，気象，36. 3, pp.4~8 (1992).
- 8) 東京都環境局：大気汚染常時測定局測定結果報告 (月報) 平成7年4月~平成13年10月まで，CD-ROMより.
- 9) 東京都環境保全局：大気汚染常時測定局測定結果報告 (平成2年4月) ~ (平成11年度12月).

- 10) 気象庁：大気・海洋環境観測報告 第2号平成12年度観測成果, CD-ROMより.
- 11) 気象庁：紫外域日射観測記録 (UVB) 2001年1月～12月.
- 12) 気象庁：オゾン層観測報告 (2001), pp. 1～5, pp.40～53, (2002).
- 13) 井出迫義和ら：紫外線の話, 気象, 41,6, pp.36～40, (1997).
- 14) 気象庁：気象日表, 1999～2001年 6月～8月
- 15) 上野丈夫ら：館野における紫外線量の変化について 1985.5-1988.12, 高層気象台彙報, 第49号, pp18～22 (1989).
- 16) 高尾俊則ら：昭和基地で観測された紫外線日射-雪面反射による増幅とオゾンホールの影響-, 高層気象台彙報,第55号, pp23～29 (1995).
- 17) 一木明紀ら：太陽の特定高度角における紫外線量と全天日射量の関係, 研究時報, 33巻, pp.193～200 (1981).
- 18) WHO：GLOBAL SOLAR UV INDEX A Practical Guide, WHO ホームページ, <http://www.who.int/peh-uv/UVIorg.htm>
- 19) 井出迫義和ら：人体に影響する紫外線量を考慮した紫外線情報, 気象, 43,6, pp.42～43 (1999).

The Continuous Measurements of Harmful Ultraviolet Rays (UV-B) in Tokyo

Minako Komine*, Masataka Soufuku**, Tetsuhito Komeiji and Yoshiharu Iwasaki

* Associate reseacher, **Environmental assessment division

Summary

A continuous measurement of harmful Ultraviolet Rays (UV-B) was observed at Tokyo in 1996-2001. The large increase tendency in the quantity of UV-B, at the term of about six years, was not able to detect. However, the quantity of UV-B became higher for the summer season in 1999 and 2001. About winter solstice, the UV-B was almost fixed.

The ratio of UV-B to Global Solar Radiation (GR) in the summer was about 2.5 times larger than winter. It turned out that it ratio was higher during the rainy season as well. On the occasion of a fine weather day, the ratio of UV-B to GR was low. In the case of rain or thick clouds, the ratio of UV-B to GR was high. It changed by the scattered light with related to the changed of the weather. On the occasion of the thick clouds, it was about 18% of UV-B as against fine weather. On the other hand, when the thin clouds of GR were more than 2.0MJ/m², it was about 69% of UV-B as against fine weather. The medium cloudy weather was about 35-52% of UV-B as against fine weather. Even the rainy weather, it was confirmed that UV-B reached to the surface of the earth.

Keywords: harmful ultraviolet rays, UV-B, global solar radiation, depletion of the ozone layer