

# 山梨県における紫外線の測定結果(Ⅱ)

清水 源治 吉澤 一家 江頭恭子 日高 照泰\*1 山本 敬男\*2

Measurements of Solar UV Radiation for 1996-2006 in Pref.Yamanashi

Genji SHIMIZU, Kazuya YOSHIKAWA, Kyoko EGASHIRA, Teruyasu HIDAKA and Takao YAMAMOTO

キーワード：紫外線，測定結果，山梨県

本県では，紫外線による健康への影響が懸念され始めた平成8年から紫外線の測定を始めた。測定直後の1年間の結果については前報<sup>1)</sup>で，経月変化や全天日射量(以下，日射量)に対する紫外線Aの量(以下，UVA)や紫外線Bの量(以下，UVB)の割合やその関係について報告した。

本報では測定開始後10年を経た18年(2006年)までの結果を報告する。

## 2. 測定結果の集計方法

本県では紫外線の量は10分間の積算値で求めているが，ここでは毎正時まで積算して1時間値とした。この1時間値をもとに日積算値や月間、年間の平均値(日積算値の平均値)を求めた。単位は単位面積あたりの熱量(J/m<sup>2</sup>)であるが，本報では面積を略して1時間値はJ/m<sup>2</sup>/hをJ/h，日積算値はJ/m<sup>2</sup>/dをJ/dで表した。

測定値以外の値は，気象庁月報など<sup>2,3)</sup>からつくばのO<sub>3</sub>(オゾン)濃度などを，山梨県大気汚染常時監視データ(衛公研局)からOx(オキシダント)濃度などを引用した。

## 結果および考察

### 1. 各紫外線や日射量の関係

表1～表3に，18年12月までのUVA, UVB, 日射量の月平均値と月最高値を示した。検定等により月5日以上欠測を生じた場合は表から除いた。なお，15年以降は地球環境研究センターから検定期間中の代替機器の借り入れが可能になったため長期欠測がなくなった。

表中，1時間値や日積算値の最高値は，次のとおりとなった。

UVA	207kJ/h	H16.5/31	12時
UVB	7.2kJ/h	H 8.8/12	13時
日射量	3.9MJ/h	H11.7/21	13時
UVA	1517kJ/d	H16.6/22	
UVB	41.7kJ/d	H 9.7/ 6	
日射量	30.9MJ/d	H16.6/ 5	

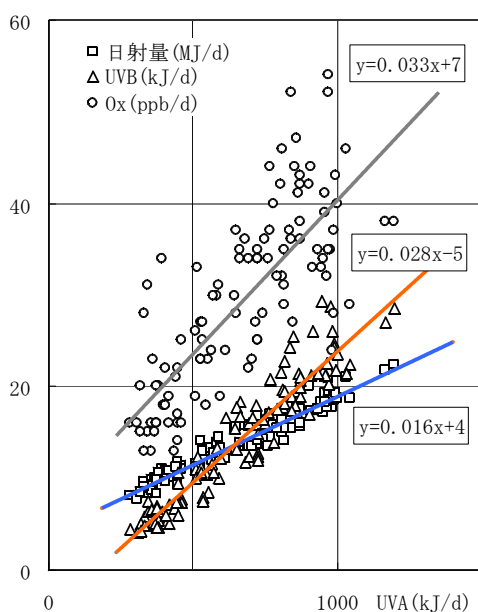


図1 UVAに対するUVBなどの月平均値の関係  
(平成8年8月～18年12月)

## 調査方法

### 1. 紫外線の測定方法

測定場所：甲府 山梨県衛生公害研究所屋上  
(標高270m、地上高約20m)

測定機器：精密全天日射計(英弘精機 MS-801型)  
帯域型A紫外線計(英弘精機 MS-210A型)  
帯域型B紫外線計(英弘精機 MS-210W型)

測定条件：10秒インターバル測定、10分間積算

この結果から，甲府では雲やエアロゾル(大気中に浮遊する固体や液体の粒子)など太陽光をさえぎる要因が最も小さくなった場合，紫外線の極値は，UVAが200kJ/hと1500kJ/d，UVBが7kJ/h，40kJ/d，日射量は4MJ/h，30MJ/dのレベルになると考えられた。

ここで図1に，18年12月までのUVAの月平均値に対するUVBや日射量の月平均値の関係を示した。これらには相互に強い相関関係が見られ，日射量に対する割合は，UVAが約5%，UVBが約0.1%になっていた。ただしそのy切片は，日射量が少なくなるとUVAは急速に，UVBはさらに急速に減少することを示していた。

1\* 現 大気水質保全課 \*2 現 富士・東部林務環境事務所

表1 紫外線A(UVA)の測定結果

(平成8年8月～18年12月)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
H 8	測定日数									日	31	30	31	30	31	
	平均値									日積算値	KJ/d	944	661	515	345	335
	最高値									日積算値	KJ/d	1272	1152	800	544	436
										1時間値	KJ/h	185	165	139	97	84
H 9	測定日数	31	28	31	29	10	30	31	31	30	31	30	31			
	平均値	395	526	647	771		838	849	977	652	583	347	283			
	最高値	550	727	964	1235		1432	1317	1270	963	740	594	403			
		93	120	144	170		188	185	179	156	125	99	72			
H10	測定日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0			
	平均値	321	459	649	663	807	770	919	820	614	447	375				
	最高値	628	679	877	1036	1294	1329	1309	1166	986	774	511				
		97	116	136	150	175	172	188	174	156	126	88				
H11	測定日数	0	0	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
	平均値			510	811	956	865	1047	986	719	527	415	355			
	最高値			997	1293	1472	1417	1442	1433	1065	793	598	462			
				149	195	191	190	194	194	163	127	105	83			
H12	測定日数	31	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
	平均値	363			861	971	814	989	989	696	446	359	329			
	最高値	562			1312	1480	1309	1358	1357	1136	758	589	421			
		96			180	192	186	185	184	168	140	98	75			
H13	測定日数	0	0	0	0	31	30	29	31	30	31	30	31			
	平均値					969	844	1200	950	723	546	434	377			
	最高値					1446	1373	1435	1274	1129	892	635	462			
						190	189	196	190	182	145	104	84			
H14	測定日数	31	28	31	0	10	24	0	9	30	31	30	31			
	平均値	398	555	726						708	599	460	305			
	最高値	604	746	1101						1282	926	676	457			
		104	121	162						179	151	114	82			
H15	測定日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
	平均値	405	534	680	752	871	876	817	872	816	565	372	380			
	最高値	588	790	1006	1248	1405	1361	1449	1355	1133	843	623	479			
		106	124	150	182	193	197	195	189	168	137	115	85			
H16	測定日数	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
	平均値	447	589	692	974	909	1004	1170	968	746	508	446	371			
	最高値	560	806	1097	1346	1434	1517	1486	1407	1137	922	624	489			
		96	126	163	184	207	194	200	192	162	144	105	96			
H17	測定日数	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
	平均値	420	532	726	905	1034	960	871	934	792	528	444	383			
	最高値	575	779	1108	1232	1451	1317	1478	1274	1130	902	626	459			
		99	122	160	170	191	188	191	185	162	142	104	82			
H18	測定日数	31	19	31	30	31	30	31	31	30	30	30	31			
	平均値	374		728	780	853	840	760	993	725	569	407	322			
	最高値	549		1032	1180	1317	1336	1362	1262	1122	904	582	455			
		93		158	168	188	183	194	187	165	139	103	81			

## 2. 紫外線とOx、SPMとの関係

紫外線は、豪州では皮膚ガンの原因に、日本では日焼けやシミの原因になることで知られる。また大気中では光化学反応を引き起こし、Ox(現在ではその測定方法からO<sub>3</sub>と同義)の濃度を高めるだけでなく、SO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>から硫酸塩や硝酸塩などの二次粒子を生成し、粒径10μm以下の固体粒子で定義されるSPM(エアロゾルの一部)の濃度を上昇させる。

この紫外線の値を、甲府と同緯度のつくば(気象庁)で月平均値を比較した。結果を図3に示した(つくば:9年4月にUVBの測定を開始)。両者の測定方法に差異(甲府:帯域型、つくば:分光型)はあったが測定値はよく一致し、甲府はつくばの3%増の値( $y=1.03x$ ,  $r=0.99$ ,  $n=105$ )になって、両者の標高差(100m高度が増すと1%増加)を反映した。このことは甲府で長期間欠測を生じた場合、つくばの値が参照できることを意味した。

表2 紫外線B(UVB)の測定結果

(平成8年8月～18年12月)

			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
H 8	測定日数	日								31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d								29.4	18.4	12.3	7.6	5.7
	最高値	日積算値 KJ/d								41.2	35.2	21.2	12.6	7.0
		1時間値 KJ/h								7.2	5.9	4.3	2.7	1.7
H 9	測定日数	日	31	28	31	29	31	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	6.4	10.7	15.4	20.7	25.0	24.3	25.4	28.7	17.7	13.3	6.4	4.4
	最高値	日積算値 KJ/d	9.9	15.4	24.5	33.9	36.7	41.2	41.7	38.9	27.1	18.0	10.8	6.4
		1時間値 KJ/h	2.1	3.2	4.5	7.1	6.0	6.5	6.9	6.6	5.3	3.7	2.2	1.5
H10	測定日数	日	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0
	平均値	日積算値 KJ/d	5.1	7.7	13.2	16.7	21.7	20.9	26.0	22.8	16.5	10.6	7.0	
	最高値	日積算値 KJ/d	10.5	12.5	21.1	28.5	34.6	35.7	37.8	31.9	26.3	19.6	10.6	
		1時間値 KJ/h	1.9	2.4	3.9	4.6	5.6	5.5	6.4	5.6	5.0	3.7	2.1	
H11	測定日数	日	0	0	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d			11.0	17.7	21.9	21.4	22.4	26.0	17.9	11.2	7.1	4.9
	最高値	日積算値 KJ/d			23.9	29.9	34.7	35.7	29.7	37.8	26.4	18.0	9.8	6.6
		1時間値 KJ/h			4.4	5.1	5.7	5.6	5.4	6.2	4.7	3.3	2.2	1.4
H12	測定日数	日	31	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	5.3			17.2	21.8	19.7	24.7	24.3	16.0	9.4	6.6	4.8
	最高値	日積算値 KJ/d	9.6			28.2	37.5	33.0	35.6	34.8	26.1	17.6	11.8	6.9
		1時間値 KJ/h	2.0			4.8	5.8	5.5	5.6	5.6	4.6	3.7	2.4	1.6
H13	測定日数	日	0	0	0	0	31	30	29	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d					20.2	18.9	28.6	21.8	15.8	10.4	6.7	5.1
	最高値	日積算値 KJ/d					31.8	32.6	34.6	28.7	24.2	17.8	10.3	6.9
		1時間値 KJ/h					5.1	5.4	5.5	5.1	4.7	3.3	2.0	1.5
H14	測定日数	日	31	28	31	0	10	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	5.2	8.5	12.8			20.3	26.6	26.4	16.6	12.2	7.4	4.0
	最高値	日積算値 KJ/d	9.0	12.6	19.2			29.8	38.8	33.2	32.2	21.0	12.0	5.7
		1時間値 KJ/h	1.9	2.5	3.4			5.1	6.2	5.6	5.3	3.7	2.3	1.3
H15	測定日数	日	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	5.1	7.9	11.7	16.1	18.9	20.7	19.5	21.1	18.1	11.6	6.8	5.4
	最高値	日積算値 KJ/d	8.4	12.9	18.4	27.6	33.6	32.8	30.7	32.9	26.1	17.2	12.1	8.2
		1時間値 KJ/h	1.7	2.4	3.4	4.7	5.1	5.6	5.3	5.4	4.5	3.4	2.5	1.7
H16	測定日数	日	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	6.0	10.0	12.4	20.2	21.2	23.6	27.1	22.5	16.4	10.0	7.4	5.0
	最高値	日積算値 KJ/d	7.9	13.8	24.9	27.9	34.6	37.8	35.4	33.9	25.1	18.4	10.5	7.0
		1時間値 KJ/h	1.7	2.7	4.4	4.6	6.3	5.8	5.8	5.5	4.3	3.5	2.1	1.6
H17	測定日数	日	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	5.1	7.6	12.4	17.0	21.4	21.2	19.9	21.5	17.5	10.7	7.4	4.7
	最高値	日積算値 KJ/d	6.7	11.8	24.9	23.4	31.7	28.5	33.5	29.4	25.3	18.3	11.1	6.1
		1時間値 KJ/h	1.5	2.3	4.4	4.0	5.1	5.1	5.2	5.0	4.3	3.3	2.2	1.3
H18	測定日数	日	31	19	31	30	31	30	31	31	30	30	30	31
	平均値	日積算値 KJ/d	4.6		11.9	13.9	18.0	17.3	17.2	21.8	14.8	10.6	5.9	4.2
	最高値	日積算値 KJ/d	7.6		18.2	21.6	29.1	27.7	31.6	29.2	23.1	17.1	8.8	6.0
		1時間値 KJ/h	1.5		3.4	3.8	5.1	4.9	5.3	5.0	4.0	3.1	1.9	1.3

図中に、つくばの成層圏までのO<sub>3</sub>濃度を月毎の平均値で示した。UVBは7,8月に最大になり、O<sub>3</sub>濃度は3,4月に最大になる年周期があり、両者の間には時計回りの周を描く関係が見られた。3,4月に高くなったO<sub>3</sub>は、成層圏大気の沈下により日本の春季のO<sub>x</sub>濃度を上昇させるが、本県でもその影響が見られた<sup>9)</sup>。

図1中に昼間のO<sub>x</sub>濃度の月平均値を示した。この濃度は紫外線との相関が強く、地上ではその増加がO<sub>3</sub>濃度の

月平均値を上昇させた。ただしO<sub>3</sub>高濃度時の日変化にはこのような直接的な関係は見られなかった。図2の例では移動性高気圧が通過し晴天となった16年5月6日～8日は、初日の紫外線の量は多かったがO<sub>x</sub>濃度は低かった。O<sub>x</sub>は生成して高濃度になるまでに時間を要するため、このような時間差を生ずることが多かった。

ここで、O<sub>x</sub>汚染の大きな特徴はスモッグを生じることである。スモッグはエアロゾルの濃度が高い状態を指し

表3 全天日射量の測定結果

(平成8年8月～18年12月)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月				
H 8	測定日数	日										31	30	31	30	31	
	平均値	日積算値										MJ/d	18.4	13.4	11.6	8.3	9.6
	最高値	日積算値										MJ/d	24.4	22.9	17.4	13.7	12.4
		1時間値										MJ/h	3.3	3.1	2.8	2.3	2.2
H 9	測定日数	31	28	31	29	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	11.0	14.1	15.4	16.9	17.4	16.2	16.0	19.1	13.0	13.9	8.8	8.1				
	最高値	15.0	19.6	23.7	27.2	28.6	28.0	26.5	24.2	20.8	17.4	15.4	11.9				
		2.4	3.1	3.2	3.5	3.6	3.5	3.4	3.3	3.0	2.9	2.4	2.0				
H10	測定日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	8.5	11.3	15.7	14.0	16.6	14.4	17.3	15.6	12.1	9.8	9.9	6.0				
	最高値	16.0	17.2	21.9	23.8	28.5	27.5	26.8	22.7	21.6	17.7	13.2	9.8				
		2.4	2.7	3.1	3.3	3.5	3.4	3.5	3.3	3.1	2.7	2.2	1.9				
H11	測定日数	0	0	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値			11.5	16.4	19.3	15.9	18.8	17.7	13.5	11.2	10.0	9.9				
	最高値			23.9	27.7	30.8	27.4	28.1	26.9	21.2	17.3	14.8	12.7				
				3.3	3.6	3.6	3.6	3.9	3.4	3.1	2.6	2.3	2.1				
H12	測定日数	31	0	0	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	9.4			18.2	19.3	15.1	18.5	19.2	13.5	9.2	8.7	9.1				
	最高値	14.5			27.5	29.2	27.5	25.9	26.0	22.4	16.0	14.6	12.0				
		2.3			3.5	3.6	3.4	3.4	3.3	3.1	2.7	2.3	2.0				
H13	測定日数	0	0	0	0	31	30	29	31	30	21	0	6				
	平均値					18.5	15.5	22.3	17.1	13.7							
	最高値					28.7	28.0	26.0	23.1	22.2							
						3.5	3.5	3.4	3.3	3.3							
H14	測定日数	31	28	31	0	10	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	10.0	13.3	16.3				18.7	19.1	20.7	13.5	13.2	11.0	7.7			
	最高値	14.9	18.8	24.1				30.8	29.0	26.7	25.0	19.9	15.8	12.7			
		2.4	2.8	3.3				3.7	3.5	3.5	3.3	3.0	2.6	2.1			
H15	測定日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	10.8	13.1	15.6	15.6	17.5	16.1	14.0	15.6	15.4	11.9	8.2	10.1				
	最高値	15.5	19.8	23.5	27.4	28.7	28.0	27.6	25.5	21.9	19.6	14.4	12.5				
		2.4	2.9	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6	3.4	3.1	2.8	2.5	2.1				
H16	測定日数	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	11.8	14.5	15.6	20.8	17.4	18.7	21.8	17.8	14.3	10.8	10.9	10.0				
	最高値	15.3	20.0	23.9	29.5	29.2	30.9	28.1	26.5	23.2	20.7	15.2	12.8				
		2.4	2.9	3.4	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.2	3.0	2.4	2.3				
H17	測定日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	平均値	10.9	12.9	16.7	20.1	21.1	18.4	16.1	17.5	15.4	11.0	11.2	10.7				
	最高値	15.5	19.9	25.7	27.3	30.2	26.1	28.8	24.9	22.6	19.2	15.8	12.7				
		2.5	2.9	3.5	3.6	3.8	3.5	3.5	3.4	3.2	2.9	2.5	2.3				
H18	測定日数	31	19	31	30	31	30	31	31	30	30	30	31				
	平均値	9.9			16.8	16.7	16.9	16.4	13.5	19.2	14.1	12.5	9.7	8.4			
	最高値	15.2			24.5	26.7	28.6	27.2	26.6	25.7	23.4	20.2	15.5	12.5			
		2.4			3.4	3.6	3.7	3.5	3.6	3.5	3.2	2.9	2.5	2.1			

視程は悪くなる。6～8日の紫外線量の変化は、紫外線が光化学反応で消費されたのではなく、スモッグの状況が日毎に悪くなって、紫外線の地上への到達量も日を迫る毎に少なくなったと考えられる。

また甲府では、秋季や冬季にSPM濃度が高くなり、視程が悪くなるがあった。図4に8年12月24～28日の紫外線とSPMの測定例を示したが、両者は無関係に変動した。この期間を含む20～31日の12日間は安定した冬型

の気圧配置となって快晴の日が続いたが、南中時刻(12、13時)のSPM濃度は2～177 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きく変動した。この時刻のSPMを紫外線と比較したところ、SPM濃度が高い時ほどUVAやUVBは少なくなった(図5)。この時期のSPMの主要な成分はディーゼル排気粒子(一次粒子)である<sup>5)</sup>ことから、SPM高濃度時の紫外線量の減少はOxの場合と同様に、光化学反応によって消費されたものではなく視程の悪化によるものと考えられた。

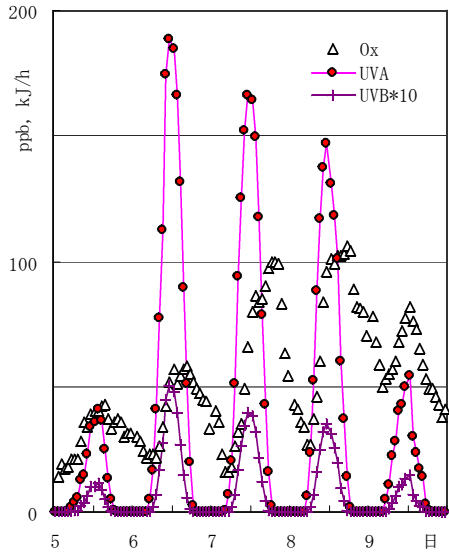


図2 O<sub>3</sub>と紫外線の経日変化  
(1時間値、平成16年5月、甲府)

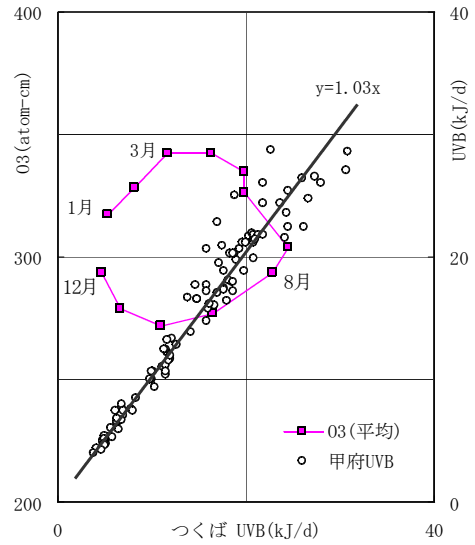


図3 つくばのUVBと上空のO<sub>3</sub>濃度、甲府のUVBとの関係  
(月平均値、平成9年4月～18年12月)

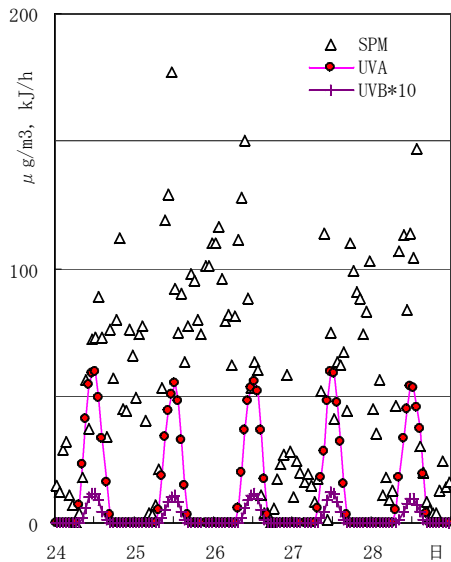


図4 SPMと紫外線の経日変化  
(1時間値、平成8年12月、甲府)

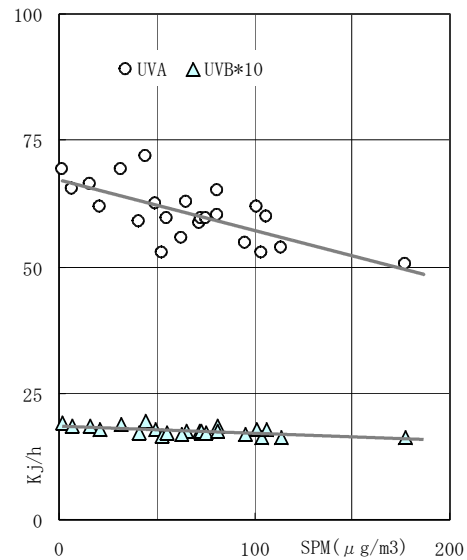


図5 SPM濃度と紫外線量の関係  
(1時間値：平成8年12月20～31日12時、13時、甲府)

### 3. 紫外線や日射量の推移

8年～18年の日照時間(甲府地方気象台)の月毎の平均値<sup>3)</sup>を図6に示した。日照時間は7月が最も変動が大きく、全期間中の最大値(8.5時間/d)と最小値(3.0時間/d)を占めた。全期間の平均値は前線が停滞する6月と9月が約5時間と短かった。そのため、年間のUVBは両月の値が小さく7,8月の値が突出するかたちになった。

ここで、太陽の南中高度は5月と8月がほぼ同じになり、日照時間も両月は6時間であった。ところが、UVBは8月が明らかに大きかった。これは8月のO<sub>3</sub>濃度が5月より低くなるため(図3)、気象庁はこれを補正するためO<sub>3</sub>の前日濃度を用いて紫外線情報<sup>6)</sup>を提供している。また環境省は、紫外線による健康への影響(急性影響:日焼け、

慢性影響:シミや老人斑)を防ぐため「日常生活に取り入れやすい紫外線対策」<sup>7)</sup>を示している。

図中にUVBを日照時間で除した値を示したが、この値は6月が4.4kJ/d/時間と8月の3.9kJ/d/時間より大きくなった。UVAも同様であり、日射があれば単位時間に到達する紫外線は6月が年間で最も多くなる。健康への影響を考える場合、この梅雨の晴れ間の強い紫外線には留意する必要がある。

なお18年は7月の紫外線の月平均値が最も低く、紫外線の日積算値の変動が大きかった。図7にこの月のUVBの日積算値に対するO<sub>x</sub>とSPMの日平均値の関係を示した。ここでUVBとO<sub>x</sub>の間には相関関係が見られ、紫外線が多い日ほどO<sub>x</sub>濃度が高くなって1時間値の場合とは異なる

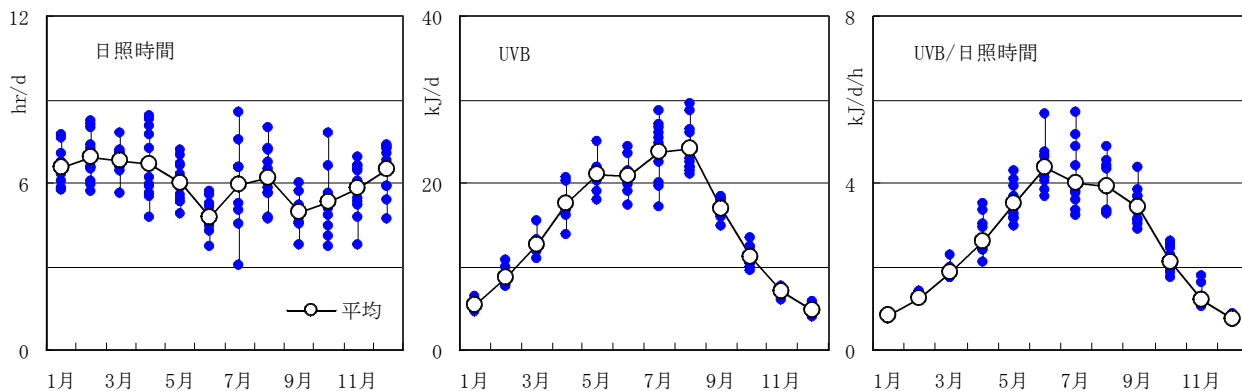


図6 日照時間<sup>3)</sup>(甲府気象台)とUVB、UVB/日照時間の月平均値の分布(平成8年~18年)

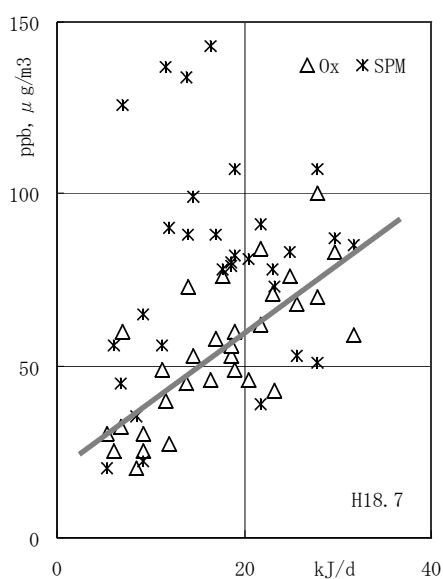


図7 UVBの日積算値とOx、SPMの日平均値の関係(平成18年7月1~31日)

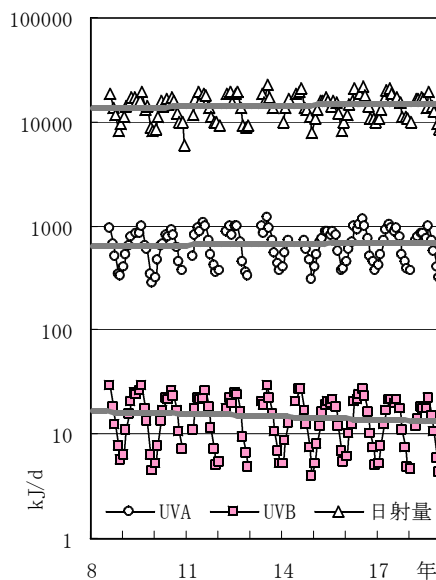


図8 紫外線と日射量の推移(月平均値、平成8年~18年)

り、月平均値(図1)の場合によく似た。SPMにはこのような関係はなかった。

図8には、日射量などの月平均値の経年推移を示した。これらは8月に最大、12月に最小になる年周期を繰り返しており、日射量とUVAには明らかな増減傾向は見られなかったが、UVBは減少する傾向にあった。またUVAとUVBを日射量で除した値(月平均値)の推移には、UVA、UVBともにこの10年間は減少傾向が見られた。

## まとめ

平成8年~18年の紫外線の測定結果から、次のことが明らかになった。

- 1) 甲府における極値はUVAが1500Kj/d、UVBが40Kj/d、日射量が30mj/dのレベルになると考えられた。
- 2) 日射量やUVA、UVBの間には、相互に強い相関関係があった。また甲府のUVBは、つくばの1.03倍であった。
- 3) OxやSPMの高濃度時は視程が悪くなるが、このような

時には紫外線の到達量が少なくなった。

4) 紫外線の月平均値はUVA、UVBともに7、8月が高く、これを日照時間で除した値は6月が高かった。

5) 日射量とUVAには増減傾向は見られなかったが、UVBには減少する傾向が見られた。

## 文献

- 1) 吉澤一家ら:山梨県における紫外線量測定結果,山梨衛公研年報,42,74-80(1998)
- 2) 気象庁:気象月報(各月,各年)
- 3) 気象庁ホームページ:気象統計情報・電子閲覧室
- 4) 国立環境研究所研究報告第193号:日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究,69-76(2006)
- 5) 一都三県公害防止協議会:平成8年度関東浮遊粒子状物質合同調査結果報告書,47-52(1998)
- 6) 気象庁ホームページ:紫外線情報
- 7) 環境省環境保健部:紫外線保健指導マニュアル,24-30(2006)