

SUGA TECHNICAL NEWS

No. **217**
2011.3

太陽エネルギーの測定

■ 耐候（光）基礎講座 促進耐候（光）性試験の歴史と発展（7）



太陽エネルギーの測定

須賀 茂雄
木村 哲也

3. 波長別太陽エネルギーの測定

3.1 測定器の開発と東京・新宿の測定結果

前号までで説明した太陽からの放射エネルギーは、紫外部・可視部・赤外部に大きく分けられる。国際照明用語では、紫外部をさらに、UV-A 315~400nm、UV-B 280~315nm、UV-C 100~280nmに、赤外部をIR-A 780~1400nm、IR-B 1400~3000nm、IR-C 3000~1000000nm(1mm)と分類している。現実の太陽の分光放射照度の測定結果では、300nm以下の紫外部の放射照度は全波長域と比較して極めて「0」に近い。赤外部の3000nm以上の放射照度は0.8%前後で全波長域に対する比率は低い。耐候試験における紫外部、可視部、赤外部の波長範囲は、紫外部は300~400nm、可視部は400~700nm、赤外部は700~3000nmとしている。この中で物質の耐候性に最も影響を与えるのは、「促進耐候(光)性試験機の歴史と発展(2)図4.エネルギーと振動数・波長の関係」で示すように、一般的には光子の持つエネルギーが大きい紫外部の光である。スガ試験機(株)では、太陽の放射照度・促進耐候性試験機の試料面の放射照度を紫外部・可視部・赤外部の波長域別に測定するために、東京芝浦電気(株)

マツダ研究所・芋谷暁史郎氏の指導の下に、積算照度計(放射照度計)を1965年から、業界に先立ち開発、実用化している。放射照度に比例した光電流を生じさせる波長別の受光器と、受光器からの光電流を増幅、パルス変換して、放射照度を表示する計測部より構成され、連続運転で時々刻々変化する太陽の放射照度を測定できる測定器である。その後測定結果を自動的にプリンタに記録する積算照度記録装置、パソコンに瞬時に測定結果を送り込み、データの管理を行うシステムを開発し現在に至る。開発当初の積算照度計と記録計を写真1に示す。積算照度計の完成後、1967年から、東京・新宿の本社屋上で約半世紀にわたって太陽の放射照度測定を行っており、暴露試験中の試料の受けた放射露光量(放射照度の積算値)と試料変化の相関、促進耐候性試験機の放射照度との関連に役立てている。最近の1999~2008年の10年間の南面35°の太陽エネルギーの観測結果を表22、図31に示す。また紫外部・可視部・赤外部の全波長域に対する比率を表23、図32に示す。東京・新宿の南面35°の1年間の放射露光量の平均は約4500MJ/m²で、その標準偏差は約250MJ/m²である。

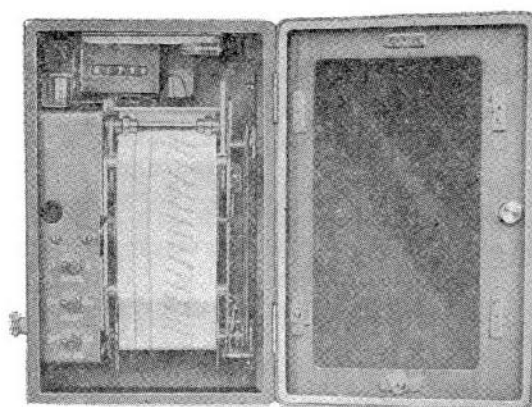
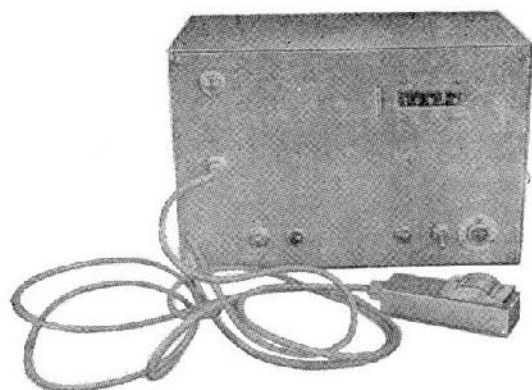


写真1. 開発当初の積算照度計(左)と記録計(右) *1)

天候は時々刻々変化するものである、年により、月により変化している結果となっているが、1年間の放射露光量はほぼ、4000～5000MJ/m²となる。

この違いが、短期間で暴露試験を行った時に、試料に対して影響をもたらすか否かは検討の余地があると思う。紫外部の放射露光量は、6月の梅雨時に一時的に低くなるが、夏場は冬場より高めの結果となっている。

表22 太陽の放射露光量の月別年間観測結果 *2)

観測場所：スガ試験機(株)屋上(東京・新宿)

測定波長域：紫外部 (300～ 400nm)

北緯35°41′ 東経139°42′

可視部 (400～ 700nm)

観測角度：南面35°

赤外部 (700～3000nm)

測定器：積算照度記録装置(スガ試験機製)

単位: MJ/m²

測定波長域	年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	平均
紫外部	1月	16.850	13.840	12.236	17.741	18.397	17.542	20.590	20.147	14.360	17.716	16.942
	2月	16.130	17.930	14.415	19.238	18.051	20.212	18.661	17.873	17.007	24.872	18.439
	3月	27.130	21.060	18.399	26.032	25.295	22.171	23.298	21.635	22.287	25.901	23.321
	4月	25.720	19.560	22.195	25.450	22.399	26.510	27.103	20.509	20.583	25.271	23.530
	5月	30.940	23.610	19.987	25.477	21.823	22.243	28.984	21.915	26.136	26.430	24.754
	6月	22.900	25.060	17.509	20.585	18.852	23.683	23.358	18.082	31.133	23.735	22.490
	7月	28.750	22.420	36.375	28.989	14.925	29.609	22.100	17.507	20.459	32.621	25.375
	8月	26.510	19.910	21.469	31.835	20.762	25.734	26.568	25.173	32.942	26.882	25.778
	9月	16.580	15.660	20.184	18.833	23.995	20.763	21.951	21.764	24.051	21.793	20.558
	10月	17.880	11.870	20.831	21.371	20.120	14.852	16.946	18.308	19.166	20.606	18.195
	11月	14.650	9.860	16.166	15.024	12.364	16.200	16.395	14.646	16.907	15.591	14.780
	12月	11.360	9.060	14.201	12.462	15.638	15.199	20.216	12.674	15.130	17.825	14.377
	合計	255.400	209.840	233.967	263.037	232.622	254.716	266.170	230.230	260.159	279.242	248.538
可視部	1月	160.16	149.72	151.91	181.80	190.57	180.13	209.41	195.02	146.20	172.69	173.758
	2月	173.33	191.51	163.11	179.36	166.30	192.39	170.32	163.71	161.21	228.76	179.001
	3月	203.81	226.29	193.88	228.52	215.54	186.17	202.31	210.50	190.88	223.25	208.114
	4月	192.09	188.23	224.41	208.18	181.21	218.26	227.10	212.49	165.05	203.49	202.051
	5月	237.52	225.63	190.42	196.71	176.89	168.09	222.51	172.68	209.20	203.32	200.297
	6月	172.46	162.09	148.87	156.82	147.78	179.08	179.82	139.29	237.02	177.05	170.027
	7月	221.70	216.91	289.59	228.07	111.42	231.39	171.32	131.30	150.96	241.57	199.422
	8月	203.96	202.02	166.97	258.85	165.80	201.57	208.02	186.72	261.97	205.94	206.182
	9月	156.48	158.38	163.50	151.15	198.68	167.71	181.17	150.13	186.57	178.54	169.231
	10月	152.99	129.08	183.04	192.56	175.07	130.17	143.60	161.57	168.11	182.53	161.871
	11月	129.74	108.22	159.55	143.97	109.41	164.50	170.68	140.60	168.01	151.55	144.623
	12月	110.04	108.14	153.33	129.17	169.28	164.72	222.16	128.14	163.98	194.50	154.345
	合計	2114.28	2066.22	2188.58	2255.14	2007.95	2184.18	2308.42	1992.13	2209.16	2363.17	2168.923
赤外部	1月	192.84	192.07	166.26	195.07	209.46	204.65	222.30	213.01	167.42	180.95	194.403
	2月	205.40	173.92	172.64	180.43	173.82	218.21	175.90	171.53	186.15	238.01	189.601
	3月	214.64	206.86	203.40	230.95	229.19	201.27	211.48	169.65	207.81	225.00	210.024
	4月	193.29	196.68	223.67	194.57	173.28	229.01	230.15	172.87	166.93	185.44	196.589
	5月	230.88	200.57	169.05	173.98	162.85	150.28	198.92	152.85	201.44	169.61	181.042
	6月	152.69	135.72	125.10	134.74	122.28	155.42	147.83	110.72	189.51	135.23	140.924
	7月	197.59	185.64	235.41	180.05	86.17	200.08	139.06	96.53	109.43	187.72	161.768
	8月	184.40	180.07	129.99	216.23	136.88	172.60	170.16	155.24	213.07	159.83	171.848
	9月	153.01	139.19	133.40	125.85	170.29	147.71	161.26	129.72	145.03	147.26	145.271
	10月	165.91	115.74	173.35	188.27	163.39	122.71	137.08	155.93	148.93	166.94	153.826
	11月	141.08	117.70	168.67	147.04	103.52	167.35	188.70	148.81	163.98	146.01	149.286
	12月	139.47	131.25	166.42	140.59	189.59	173.23	234.31	143.26	172.35	201.57	169.204
	合計	2171.20	1975.41	2067.36	2107.75	1920.72	2142.51	2217.14	1820.12	2072.06	2143.57	2063.783
全波長域	1月	369.85	355.63	330.41	394.60	418.43	402.32	452.29	428.17	327.98	371.35	385.103
	2月	394.86	383.36	350.16	379.03	358.17	430.81	364.88	353.12	364.36	491.64	387.040
	3月	445.58	454.21	415.68	485.50	470.02	409.60	437.09	401.79	420.98	474.15	441.459
	4月	411.10	404.47	470.27	428.20	376.89	473.78	484.36	405.87	352.57	414.21	422.170
	5月	499.34	449.81	379.46	396.16	361.57	340.61	450.42	347.44	436.78	399.36	406.094
	6月	348.05	322.87	291.48	312.14	288.91	358.18	351.00	268.09	457.67	336.01	333.440
	7月	448.04	424.97	561.37	437.10	212.52	461.08	332.48	245.34	280.84	461.91	386.565
	8月	414.87	402.00	318.43	506.91	323.44	399.91	404.75	367.13	507.99	392.65	403.808
	9月	326.07	313.23	317.09	295.83	392.97	336.18	364.38	301.61	355.65	347.60	335.059
	10月	336.78	256.69	377.22	402.20	358.58	267.73	297.62	335.81	336.21	370.08	333.892
	11月	285.47	235.78	344.38	306.03	225.29	348.05	375.78	304.06	348.90	313.15	308.689
	12月	260.87	248.45	333.95	282.22	374.51	353.15	476.68	284.07	351.46	413.89	337.925
	合計	4540.88	4251.47	4489.90	4625.93	4161.29	4581.41	4791.73	4042.49	4541.38	4785.98	4481.244

図31 太陽の放射露光量の月別年間観測結果

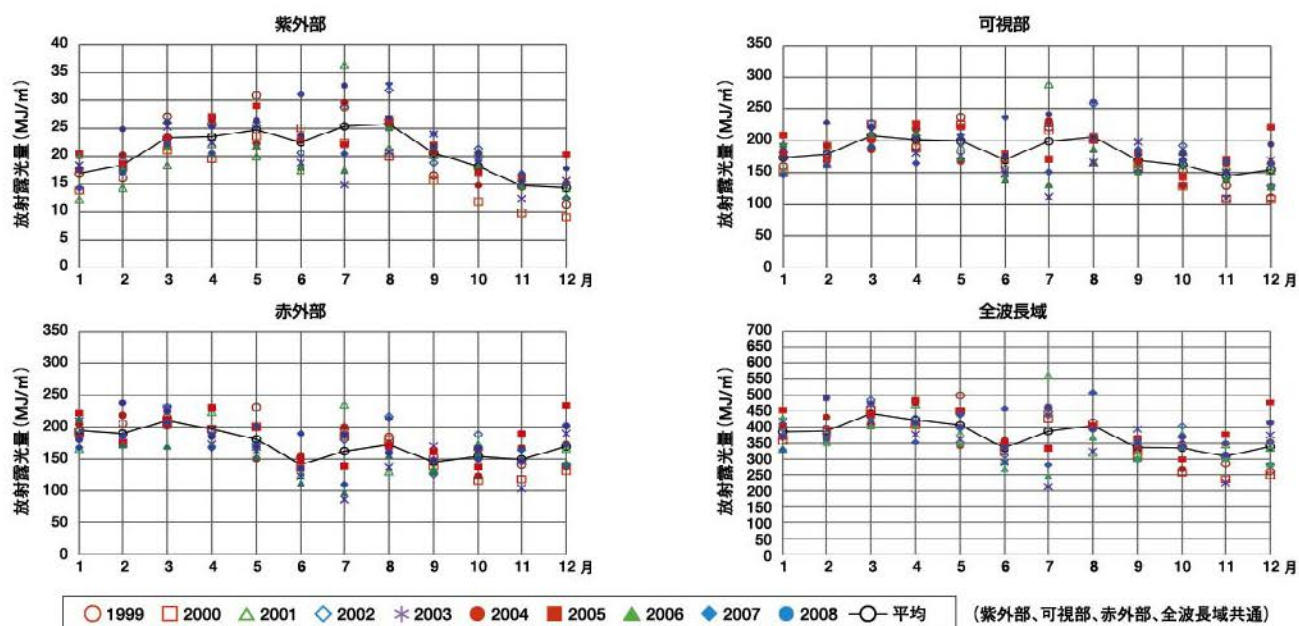


表23 太陽の放射露光量の月別年間観測結果の各波長域の比率

単位:%

測定波長域	月	年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	平均
紫外部	1月		4.56	3.89	3.70	4.50	4.40	4.36	4.55	4.71	4.38	4.77	4.40
	2月		4.08	4.68	4.12	5.08	5.04	4.69	5.11	5.06	4.67	5.06	4.76
	3月		6.09	4.64	4.43	5.36	5.38	5.41	5.33	5.38	5.29	5.46	5.28
	4月		6.26	4.84	4.72	5.94	5.94	5.60	5.60	5.05	5.84	6.10	5.57
	5月		6.20	5.25	5.27	6.43	6.04	6.53	6.44	6.31	5.98	6.62	6.10
	6月		6.58	7.76	6.01	6.59	6.53	6.61	6.65	6.74	6.80	7.06	6.74
	7月		6.42	5.28	6.48	6.63	7.02	6.42	6.65	7.14	7.28	7.06	6.56
	8月		6.39	4.95	6.74	6.28	6.42	6.43	6.56	6.86	6.48	6.85	6.38
	9月		5.08	5.00	6.37	6.37	6.11	6.18	6.02	7.22	6.76	6.27	6.14
	10月		5.31	4.62	5.52	5.31	5.61	5.55	5.69	5.45	5.70	5.57	5.45
	11月		5.13	4.18	4.69	4.91	5.49	4.65	4.36	4.82	4.85	4.98	4.79
	12月		4.35	3.65	4.25	4.42	4.18	4.30	4.24	4.46	4.30	4.31	4.25
	平均		5.62	4.94	5.21	5.69	5.59	5.56	5.55	5.70	5.73	5.83	5.55
可視部	1月		43.30	42.10	45.98	46.07	45.54	44.77	46.30	45.55	44.58	46.50	45.12
	2月		43.90	49.96	46.58	47.32	46.43	44.66	46.68	46.36	44.24	46.53	46.25
	3月		45.74	49.82	46.64	47.07	45.86	45.45	46.29	52.39	45.34	47.08	47.14
	4月		46.73	46.54	47.72	48.62	48.08	46.07	46.89	52.35	46.82	49.13	47.86
	5月		47.57	50.16	50.18	49.65	48.92	49.35	49.40	49.70	47.90	50.91	49.32
	6月		49.55	50.20	51.08	50.24	51.15	50.00	51.23	51.96	51.79	52.69	50.99
	7月		49.48	51.04	51.59	52.18	52.43	50.18	51.53	53.52	53.75	52.30	51.59
	8月		49.16	50.25	52.44	51.06	51.26	50.40	51.40	50.86	51.57	52.45	51.06
	9月		47.99	50.56	51.56	51.09	50.56	49.89	49.72	49.78	52.46	51.36	50.51
	10月		45.43	50.29	48.52	47.88	48.82	48.62	48.25	48.11	50.00	49.32	48.48
	11月		45.45	45.90	46.33	47.04	48.56	47.26	45.42	46.24	48.15	48.39	46.85
	12月		42.18	43.53	45.91	45.77	45.20	46.64	46.60	45.11	46.66	46.99	45.67
	平均		46.56	48.60	48.74	48.75	48.25	47.67	48.18	49.28	48.65	49.38	48.40
赤外部	1月		52.14	54.01	50.32	49.43	50.06	50.87	49.15	49.75	51.05	48.73	50.48
	2月		52.02	45.37	49.30	47.60	48.53	50.65	48.21	48.58	51.09	48.41	48.99
	3月		48.17	45.54	48.93	47.57	48.76	49.14	48.38	42.22	49.36	47.45	47.57
	4月		47.02	48.63	47.56	45.44	45.98	48.34	47.52	42.59	47.35	44.77	46.57
	5月		46.24	44.59	44.55	43.92	45.04	44.12	44.16	43.99	46.12	42.47	44.58
	6月		43.87	42.04	42.92	43.17	42.33	43.39	42.12	41.30	41.41	40.25	42.26
	7月		44.10	43.68	41.94	41.19	40.55	43.39	41.83	39.34	38.96	40.64	41.85
	8月		44.45	44.79	40.82	42.66	42.32	43.16	42.04	42.28	41.94	40.70	42.56
	9月		46.93	44.44	42.07	42.54	43.33	43.94	44.26	43.01	40.78	42.37	43.36
	10月		49.26	45.09	45.96	46.81	45.57	45.83	46.06	46.44	44.30	45.11	46.07
	11月		49.42	49.92	48.98	48.05	45.95	48.08	50.22	48.94	47.00	46.63	48.36
	12月		53.46	52.83	49.83	49.81	50.62	49.05	49.15	50.43	49.04	48.70	50.07
	平均		47.81	46.46	46.04	45.56	46.16	46.77	46.27	45.02	45.63	44.78	46.05

図32 太陽の放射露光量の月別年間観測結果の各波長域の比率

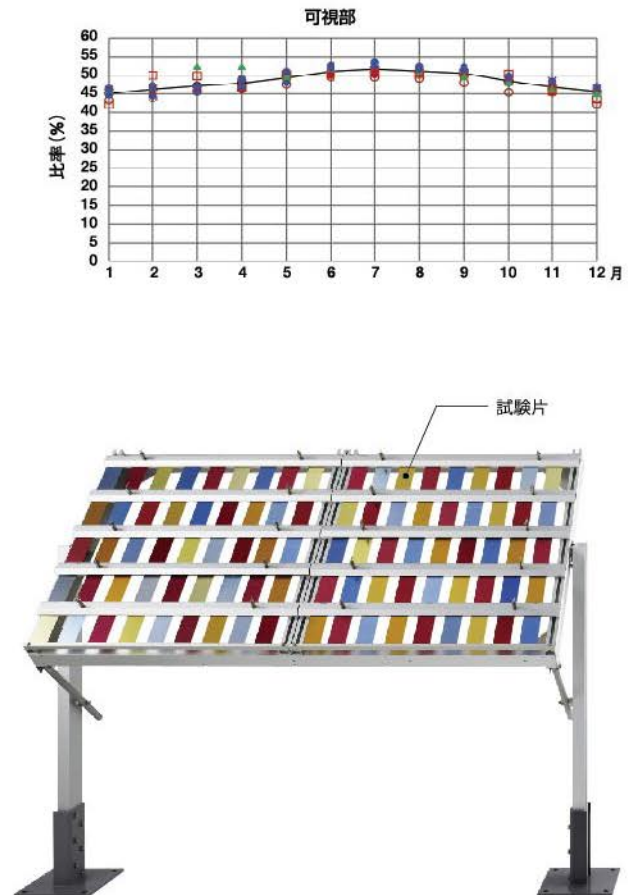
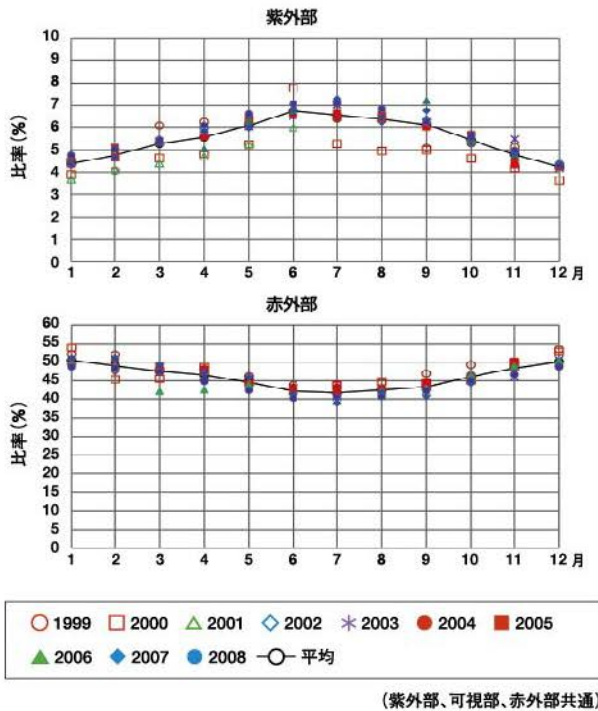


写真2. ダイレクト暴露台 (OER-1 型)

可視部・赤外部・全波長域については、やはり6月の梅雨の時期が若干低めになっているが、1年を通じてほぼ同じような放射露光量を示している。全波長域に対する各波長域の比は紫外部は冬場(11月～2月)4.5%前後に対して夏場(6月～8月)は6.5%までその比率は大きくなる。可視部は夏場約50%に対し冬場約45%と小さくなるが、赤外部は逆に夏場約42%前後が冬場49%強まで比率が大きくなっている。太陽の高度が1年を通じて変化しているので、その影響と思われるが、興味ある現象である。

3.2 傾斜面の放射照度

太陽は見かけ上東から西へ移動する。又太陽高度も時々刻々変化する。直接屋外暴露試験を行う場合、暴露角度はどのように決められているのだろうか。屋外暴露試験の方法としては、固定角度の暴露試験(写真2)がある。暴露試験面の方位は、赤道面とする規定はどの規格も同じだが、傾斜角度(仰角)は規格により異なる。JIS K 5600-7-6

塗料一般試験方法 第7部:塗膜の長期耐久性 第6節:屋外暴露耐候性*3) では、「通常水平に対して45°の角度に保つ。塗膜の使用目的、又は地域によっては他の角度でもよい」と規定されている。またJIS K 7219*プラスチック—直接屋外暴露、アンダーグラス屋外暴露及び太陽集光促進屋外暴露試験方法*4) では「a) 世界の中緯度地帯で、年間に最も多く太陽放射を受けるために、又は他に規定がない場合、水平面からの仰角はその場所の緯度マイナス10度とする。b) 北緯又は南緯40度を境とする間の地帯で、年間で最も多く紫外線を受けるためには、水平面からの仰角は5～10度にする。c) 水平面から10～90度までの間の特別な角度」と規定されている。JIS Z 2381 大気暴露試験方法通則*5) では、「水平面から45°(許容される場合は30°)」と規定されている。

実際の傾斜面の放射照度はどのようにになっているのだろうか?傾斜面の日射量については、1966年気象研究所の関原彊氏の論文がある。(※JIS K7219は現在改正審議中)

これはPageの計算方式により5段階から成っている。

1) 日照率から水平面日射量を計算する。2) 天空放射量を計算する(水平面)。3) 直達日射の分離(水平面)。4) 傾斜面への直達日射量の計算。5) 傾斜面への天空放射量の計算。以上全てを月平均的な1日積算量について計算を行い、まとめた結果を表24に示す。これから、月別の日射受熱量を図33に、傾斜角0°に対する比を図34に示す。この結果から考察すると、東京の場合、傾斜角が大きくなっていくと、月ごとの変化が少なくなる傾向があり、最大の日射量は25°(緯度-10°)になる。

また、最近では太陽エネルギーの有効活用の点から、太陽エネルギー学会発行の太陽エネルギーハンドブックにも、HASP標準気象データによる月平均傾斜面全天日射量が公表されている*7)。東京の月平均傾斜面全天日射量を表25、図35に、傾斜角0°に対する比を図36に示す。この結果から見て、最大値は観測地点の緯度ではなく、傾斜角28°近辺にある。

スガ試験機(株)屋上で観測した1987年から1990年までの傾斜角0°と35°の結果を表26に、その比を表27に示す。

表24 東京における各傾斜面の日射受熱量(1日総量)の計算値(気象研究所 関原 疆) *6)

傾斜角度(°)	月(単位:cal/cm/day)												合計	0°に対する比
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0°	240	234	341	409	447	414	436	438	329	267	227	212	3994	1.000
15°	303	267	366	418	441	404	428	441	343	299	273	271	4254	1.065
25°	337	280	375	417	428	391	414	433	345	308	295	299	4322	1.082
35°	359	284	379	404	411	370	391	408	341	315	308	322	4292	1.075
45°	376	287	376	388	385	346	367	397	331	315	316	338	4222	1.057

図33 傾斜面の月別日射受熱量(1日総量)の計算値

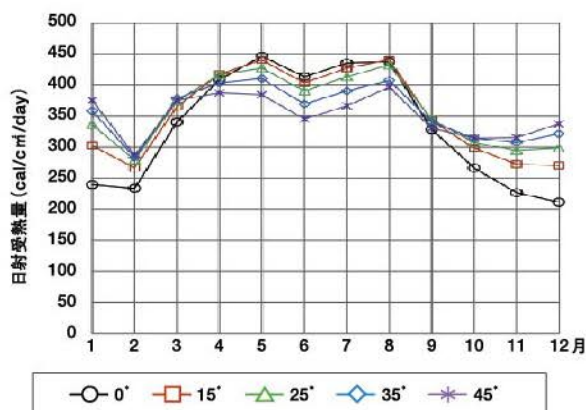


図34 傾斜角0°に対する日射量の比

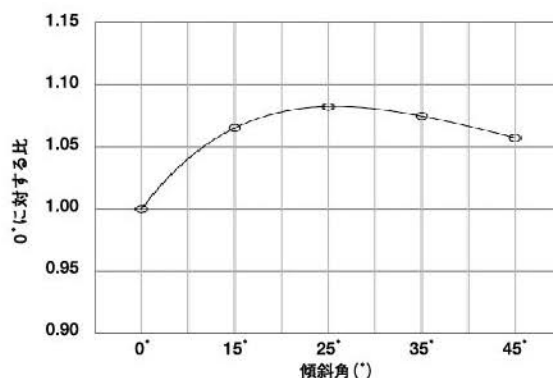


表25 HASP用標準気象データによる月平均傾斜面全天日射量(東京) *7)

傾斜角度(°)	月(単位:kcal/m/日)												合計	0°に対する比
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0°	1982	2577	3276	3365	3996	3001	3540	4063	2494	2224	1720	1655	33893	1.000
15°	2455	3026	3610	3498	4005	2963	3530	4153	2606	2471	2016	2053	36386	1.074
30°	2788	3300	3739	3438	3798	2789	3338	4011	2587	2586	2203	2336	36913	1.089
45°	2959	3381	3652	3189	3389	2489	2976	3646	2440	2563	2269	2486	35439	1.046
60°	2957	3262	3357	2769	2806	2086	2472	3084	2173	2402	2208	2491	32067	0.946
75°	2781	2953	2874	2206	2090	1608	1858	2364	1806	2115	2026	2352	27033	0.798
90°	2443	2474	2234	1538	1295	1087	1178	1536	1362	1721	1733	2078	20679	0.610

図35 月平均傾斜面全日射量(東京)(HASP用標準気象データ)

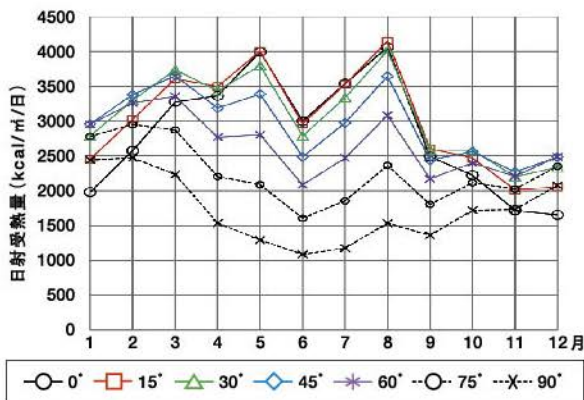


図36 傾斜角0°に対する日射量の比(HASP用標準気象データ)

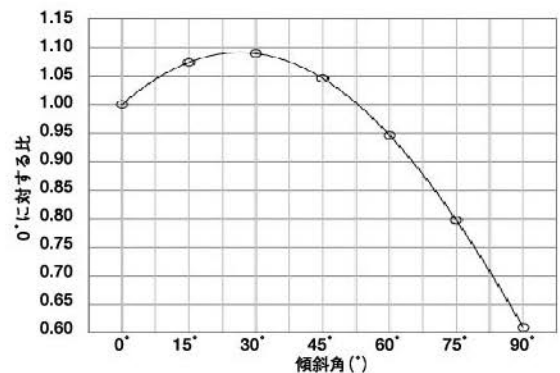


表26 太陽放射露光量の観測結果(月別・観測角:0°と35°の比較)

観測場所: スガ試験機(株)屋上(東京・新宿)
北緯35°41' 東経139°42'
観測角度: 南面35°と0°

測定波長域: 紫外部 (300~ 400nm)
可視部 (400~ 700nm)
赤外部 (700~1200nm)

単位: MJ/m

年	月	観測角度 0°				観測角度 35°			
		紫外部	可視部	赤外部	全波長域	紫外部	可視部	赤外部	全波長域
1987年	1月	13.96	97.60	90.17	201.73	18.09	174.89	180.24	373.22
	2月	16.30	115.07	105.34	236.71	19.41	171.68	167.59	358.68
	3月	20.94	144.39	126.00	291.33	22.05	176.23	159.96	358.24
	4月	29.19	209.35	182.83	421.37	28.34	218.14	194.19	440.67
	5月	32.32	228.60	191.49	452.41	29.30	213.58	182.71	425.59
	6月	33.66	237.86	194.20	465.72	29.48	209.35	174.70	413.53
	7月	27.05	187.02	143.63	357.70	26.95	190.29	150.71	367.95
	8月	29.66	207.97	163.17	400.80	28.09	208.25	170.09	406.43
	9月	22.01	154.27	118.09	294.37	21.82	164.81	135.27	321.90
	10月	18.36	128.93	108.22	255.51	20.56	173.93	157.61	352.10
	11月	12.40	86.01	74.86	173.27	14.48	134.00	133.48	281.96
	12月	8.61	60.54	56.22	125.37	13.18	138.76	157.75	309.69
	合計	264.46	1857.61	1554.22	3676.29	271.75	2173.91	1964.30	4409.96
1988年	1月	12.45	89.18	83.33	184.96	17.14	172.53	187.22	376.89
	2月	15.58	111.99	106.86	234.43	19.01	175.48	181.78	376.27
	3月	18.62	130.32	113.93	262.87	20.66	170.74	159.57	350.97
	4月	29.02	207.79	179.71	416.52	27.45	214.39	193.75	435.59
	5月	33.47	235.77	196.30	465.54	29.75	218.42	188.87	437.04
	6月	27.72	194.64	156.25	378.61	23.37	165.78	137.47	326.62
	7月	22.43	152.87	116.86	292.16	19.55	137.86	109.71	267.12
	8月	27.35	192.79	147.56	367.70	25.73	189.56	151.17	366.46
	9月	14.54	98.26	74.80	187.60	13.53	98.41	78.67	190.61
	10月	16.97	123.53	107.41	247.91	19.65	172.42	162.65	354.72
	11月	13.39	99.71	92.36	205.46	17.23	176.95	188.13	382.31
	12月	11.47	83.38	79.08	173.93	15.34	168.73	191.66	375.73
	合計	243.01	1720.23	1454.45	3417.69	248.41	2061.27	1930.65	4240.33
1989年	1月	13.65	102.03	98.18	213.86	15.66	153.51	160.17	329.34
	2月	14.88	102.07	92.16	209.11	17.06	153.56	150.35	320.97
	3月	24.74	173.54	154.93	353.21	26.10	216.01	200.99	443.10
	4月	31.42	223.55	194.90	449.87	30.24	237.16	211.33	478.73
	5月	27.21	193.92	161.96	383.09	23.72	175.81	153.02	352.55
	6月	27.23	192.64	155.57	375.44	23.39	168.78	142.24	334.41
	7月	27.63	194.37	150.90	372.90	24.67	176.30	141.46	342.43
	8月	28.74	207.57	166.75	403.06	27.73	210.52	175.29	413.54
	9月	21.06	150.72	122.89	294.67	21.74	170.33	145.08	337.15
	10月	15.64	112.38	97.92	225.94	17.98	154.77	147.90	320.65
	11月	12.25	89.41	80.60	182.26	14.71	145.61	150.01	310.33
	12月	11.61	82.29	76.00	169.90	13.54	150.05	167.68	331.27
	合計	256.06	1824.49	1552.76	3633.31	256.54	2112.41	1945.52	4314.47
1990年	1月	12.69	89.14	82.42	184.25	16.53	168.00	179.29	363.82
	2月	11.30	78.85	70.15	160.10	11.92	106.96	104.49	223.37
	3月	23.81	162.74	154.26	340.81	25.16	218.47	208.30	451.93
	4月	24.87	175.67	154.73	355.27	23.23	184.79	167.06	375.08
	5月	32.06	232.00	196.35	460.41	28.16	209.42	183.02	420.60
	6月	27.82	201.29	163.52	392.63	23.80	173.26	146.36	343.42
	7月	29.23	212.14	174.04	415.41	26.17	197.35	167.27	390.79
	8月	32.71	238.43	193.10	464.24	31.60	242.42	201.38	475.40
	9月	20.74	151.55	125.61	297.90	21.42	172.79	148.07	342.28
	10月	17.14	125.56	108.46	251.16	19.50	170.55	158.25	348.30
	11月	11.65	89.00	83.46	184.11	14.66	148.59	158.41	321.66
	12月	11.43	85.63	82.58	179.64	15.37	166.58	185.74	367.69
	合計	255.45	1841.80	1588.68	3685.93	257.52	2159.18	2007.64	4424.34
4年間の平均	1月	13.19	94.49	88.53	196.20	16.86	167.23	176.73	360.82
	2月	14.52	101.95	93.63	210.09	16.85	151.92	151.05	319.82
	3月	22.03	152.75	137.28	312.06	23.49	195.36	182.21	401.06
	4月	28.63	204.09	178.04	410.76	27.32	213.62	191.58	432.52
	5月	31.27	222.57	186.53	440.36	27.73	204.31	176.91	408.95
	6月	29.11	206.61	167.39	403.10	25.01	179.29	150.19	354.50
	7月	26.59	186.60	146.36	359.54	24.34	175.45	142.29	342.07
	8月	29.62	211.69	167.65	408.95	28.29	212.69	174.48	415.46
	9月	19.59	138.70	110.35	268.64	19.63	151.59	128.77	297.99
	10月	17.03	122.60	105.50	245.13	19.42	167.92	156.60	343.94
	11月	12.42	91.03	82.82	186.28	15.27	151.29	157.51	324.07
	12月	10.78	77.96	73.47	162.21	14.36	156.03	175.71	346.10
	合計	254.75	1811.03	1537.53	3603.31	258.56	2126.69	1962.03	4347.28

紫外部・可視部・赤外部の各波長域および全波長域の月別の放射露光量を図37に、35°と0°との比の月別変化を図38に示す。

4年間の平均で0°と35°の測定結果を比較するといずれの波長域においても夏場は0°の測定値が高く、逆に冬場は35°の測定値が高いことが分かる。0°に対する35°の放射照度比は、全波長域では1.21倍、各波長域では、紫外部が1.01倍、可視部が1.17倍、赤外部が1.28倍と長波長側になる程その比は大きくなり、年間を通じて紫外部はほぼ同じ、可視部・赤外部になると、その比は大きくなる結果となっている。

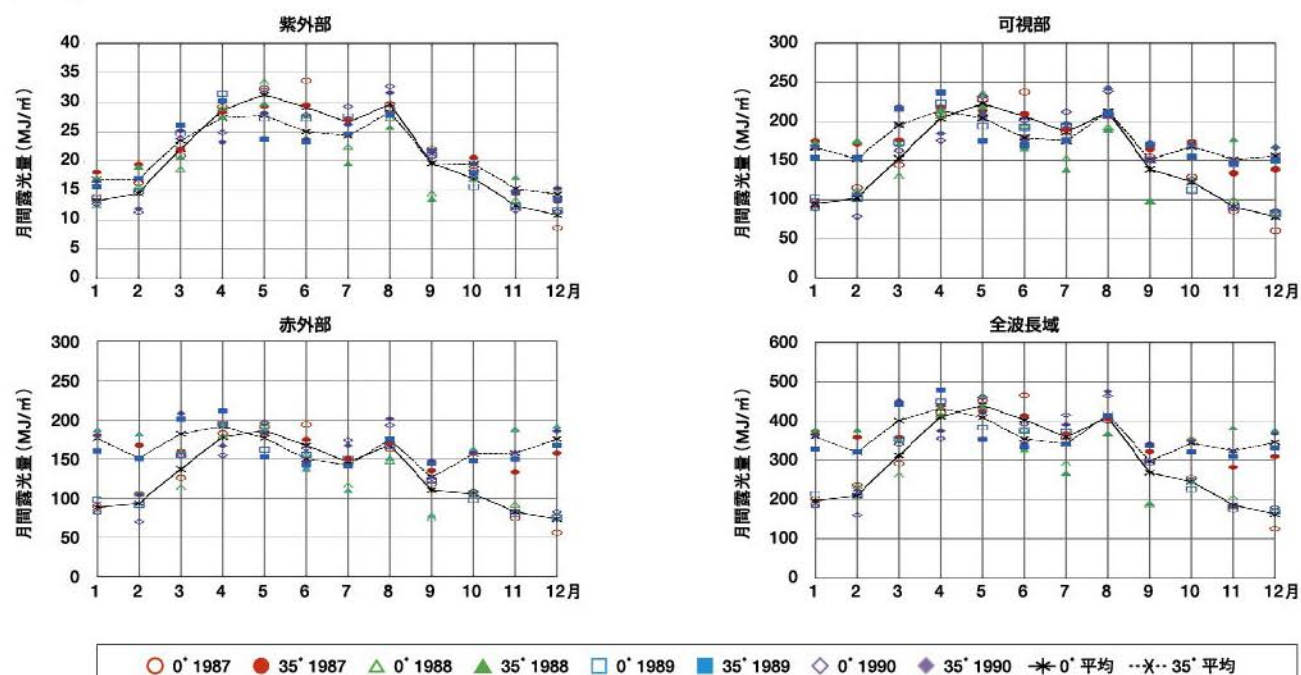
日本の暴露場の一つに(財)日本ウエザリングテストセンター(JWTC)がある。国内に銚子・宮古島・旭川の3ヶ所に暴露場があり、JWTCでは太陽の放射露光量の測定を行い、データを公表している^(*)。

銚子・宮古島の測定角度別の月毎の積算露光量(日射量)・紫外部の放射露光量の結果を表28に、紫外部の全波長域に対する比を表29に示す。月別日射量を図39に、紫外部の月別測定結果を図40に示す。又紫外部の全波長域に対する比を図41に示す。日射量について、銚子では傾斜角による差が大きい、宮古島ではその差が少ない。紫外部の放射露光量は、地域による差が大きく、傾斜角による差は少ないことが分かる。

表27 太陽放射露光量の月別・観測角:0°に対する35°の比

年	月	紫外部	可視部	赤外部	全波長域
1987年	1月	1.30	1.79	2.00	1.85
	2月	1.19	1.49	1.59	1.52
	3月	1.05	1.22	1.27	1.23
	4月	0.97	1.04	1.06	1.05
	5月	0.91	0.93	0.95	0.94
	6月	0.88	0.88	0.90	0.89
	7月	1.00	1.02	1.05	1.03
	8月	0.95	1.00	1.04	1.01
	9月	0.99	1.07	1.15	1.09
	10月	1.12	1.35	1.46	1.38
	11月	1.17	1.56	1.78	1.63
	12月	1.53	2.29	2.81	2.47
	平均	1.03	1.17	1.26	1.20
1988年	1月	1.38	1.93	2.25	2.04
	2月	1.22	1.57	1.70	1.61
	3月	1.11	1.31	1.40	1.34
	4月	0.95	1.03	1.08	1.05
	5月	0.89	0.93	0.96	0.94
	6月	0.84	0.85	0.88	0.88
	7月	0.87	0.90	0.94	0.91
	8月	0.94	0.98	1.02	1.00
	9月	0.93	1.00	1.05	1.02
	10月	1.16	1.40	1.51	1.43
	11月	1.29	1.77	2.04	1.86
	12月	1.34	2.02	2.42	2.16
	平均	1.02	1.20	1.33	1.24
1989年	1月	1.15	1.50	1.63	1.54
	2月	1.15	1.50	1.63	1.53
	3月	1.05	1.24	1.30	1.25
	4月	0.96	1.06	1.08	1.06
	5月	0.87	0.91	0.94	0.92
	6月	0.86	0.88	0.91	0.89
	7月	0.89	0.91	0.94	0.92
	8月	0.96	1.01	1.05	1.03
	9月	1.03	1.13	1.18	1.14
	10月	1.15	1.38	1.51	1.42
	11月	1.20	1.63	1.86	1.70
	12月	1.17	1.82	2.21	1.95
	平均	1.00	1.16	1.25	1.19
1990年	1月	1.30	1.88	2.18	1.97
	2月	1.05	1.36	1.49	1.40
	3月	1.06	1.34	1.35	1.33
	4月	0.93	1.05	1.08	1.06
	5月	0.88	0.90	0.93	0.91
	6月	0.86	0.86	0.90	0.87
	7月	0.90	0.93	0.96	0.94
	8月	0.97	1.02	1.04	1.02
	9月	1.03	1.14	1.18	1.15
	10月	1.14	1.36	1.46	1.39
	11月	1.26	1.67	1.90	1.75
	12月	1.34	1.95	2.25	2.05
	平均	1.01	1.17	1.26	1.20
4年間の平均	1月	1.28	1.77	2.00	1.84
	2月	1.16	1.49	1.61	1.52
	3月	1.07	1.28	1.33	1.29
	4月	0.95	1.05	1.08	1.05
	5月	0.89	0.92	0.95	0.93
	6月	0.86	0.87	0.90	0.88
	7月	0.92	0.94	0.97	0.95
	8月	0.96	1.00	1.04	1.02
	9月	1.00	1.09	1.15	1.11
	10月	1.14	1.37	1.48	1.40
	11月	1.23	1.66	1.90	1.74
	12月	1.33	2.00	2.39	2.13
	平均	1.01	1.17	1.28	1.21

図37 太陽放射露光量の観測結果(月別・観測角:0°と35°の比較)



(紫外部、可視部、赤外部、全波長域共通)

図38 太陽放射露光量の月別・観測角:0°に対する35°の比

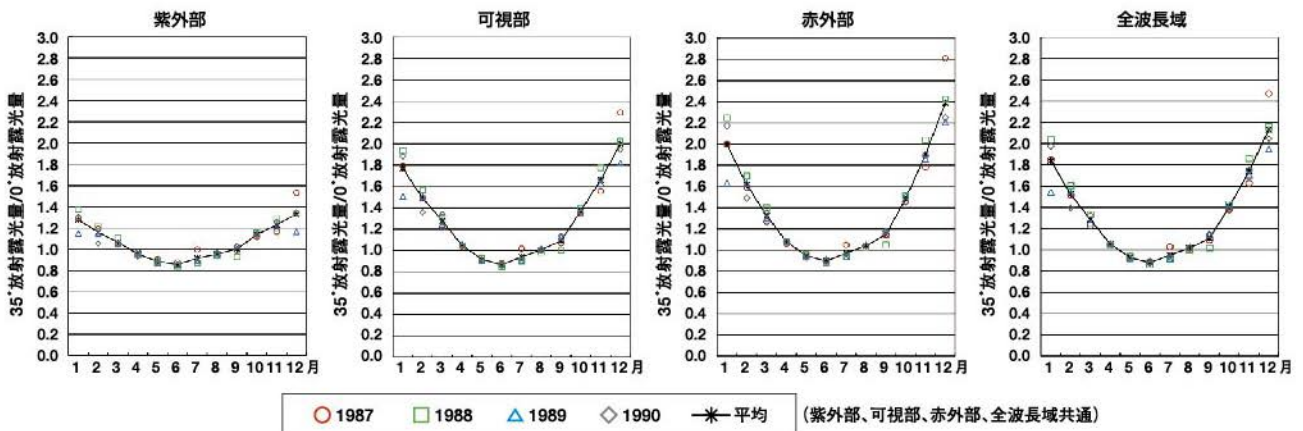


表28 JWTC*^a屋外太陽エネルギー測定結果(2001年) *⁸⁾

単位: MJ/m

月	銚子							宮古島			
	日射量 0°	日射量 30°	日射量 45°	UV 0°	UV 30°	UV 45°	UG45°* ^b	日射量 0°	日射量 20°	UV 0°	UV 20°
1月	284.55	444.80	484.27	13.94	17.22	16.20	12.24	327.84	391.60	20.28	23.20
2月	247.60	325.06	334.75	12.78	14.53	13.20	9.77	292.67	331.08	19.14	20.86
3月	413.81	493.89	490.22	21.48	23.48	21.48	15.48	417.41	447.81	27.19	28.45
4月	562.16	602.68	571.75	30.67	31.37	28.47	20.34	465.29	468.28	31.01	30.80
5月	572.28	558.63	507.70	34.07	32.46	28.72	20.48	447.35	429.96	31.23	29.62
6月	474.35	446.58	400.78	30.18	27.91	24.53	17.19	657.08	611.04	46.22	41.75
7月	735.50	699.54	625.95	45.63	42.86	38.09	26.37	687.61	644.63	47.30	44.64
8月	489.85	490.53	453.80	31.62	30.56	27.90	19.18	685.52	678.03	46.42	45.65
9月	399.08	445.88	433.52	24.95	25.91	24.53	16.98	448.17	467.85	30.48	30.98
10月	369.59	477.04	490.44	21.35	24.09	23.74	16.60	459.03	523.90	29.07	31.93
11月	285.87	422.20	454.11	15.01	17.77	17.98	12.89	376.94	460.62	22.98	26.43
12月	268.03	443.79	491.72	13.19	15.97	16.71	12.21	295.53	363.81	17.86	20.37
年合計	5102.67	5850.72	5739.01	294.87	304.13	281.55	199.73	5560.44	5818.61	368.18	374.68

*^a JWTC財団法人日本ウエザリングテストセンター *^b UG45°: アンダーグラス暴露45°

図39 月別日射量

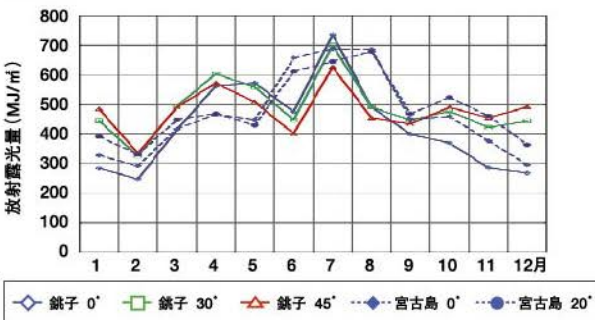


表29 紫外部の全波長域に対する比 *⁸⁾

単位: %

月	銚子				宮古島	
	UV 0° 日射 0°	UV 30° 日射 30°	UV 45° 日射 45°	UG 45° 日射 45°	UV 0° 日射 0°	UV 20° 日射 20°
1月	4.90	3.87	3.35	2.53	6.19	5.92
2月	5.16	4.47	3.94	2.92	6.54	6.30
3月	5.19	4.75	4.38	3.16	6.51	6.35
4月	5.46	5.21	4.98	3.56	6.66	6.58
5月	5.95	5.81	5.66	4.03	6.98	6.89
6月	6.36	6.25	6.12	4.29	7.03	6.83
7月	6.20	6.13	6.09	4.21	6.88	6.92
8月	6.46	6.23	6.15	4.23	6.77	6.73
9月	6.25	5.81	5.66	3.92	6.80	6.62
10月	5.78	5.05	4.84	3.38	6.33	6.09
11月	5.25	4.21	3.96	2.84	6.10	5.74
12月	4.92	3.60	3.40	2.48	6.04	5.60
年平均	5.78	5.20	4.91	3.48	6.62	6.44

図40 月別紫外部日射量

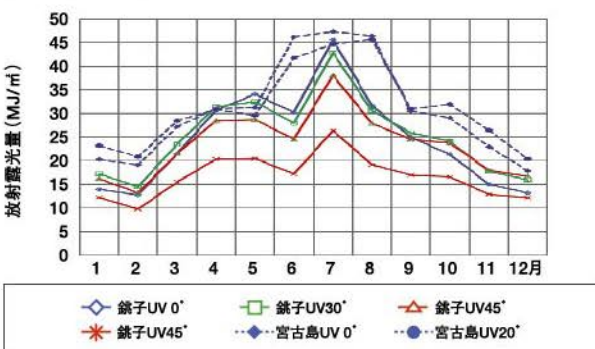
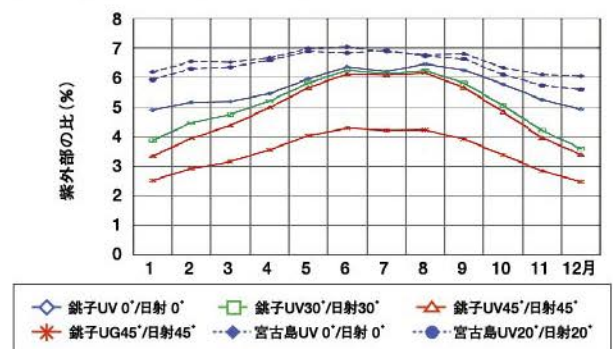


図41 紫外部の全波長域に対する比



※UG: アンダーグラス

3.3 そのほかの暴露試験方法

太陽からのエネルギーを有効に利用するため、太陽の方向を追跡しながら暴露する方式:小型太陽追跡暴露装置(写真3)、更に太陽の光を追跡・集光しながら暴露する方式:太陽追跡集光暴露装置(写真4)がある。これらの装置を使用した場合の太陽エネルギーを測定した結果を表30、図42に、各波長域の比を表31、図43に示す。また年間の積算露光量及び固定暴露に対する比を表32、図44に示す。追跡集光暴露の場合は、固定暴露に対して全体で5倍強の太陽エネルギーが試料に当たる。これは、10枚の反射

鏡を用いて太陽からの直射光を有効に試料に照射し、集光する構造を有しているためで、紫外部、可視部、赤外部の比が、それぞれ2.57、4.95、6.14と長波長側の光ほどその比は大きくなっている。太陽高度が低い明け方や、夕方に、太陽からの波長の長い光が多く反射鏡で反射され、試料面を照射するためと思われる。また、6月の放射照度が極端に低いのは、梅雨の季節のため太陽からの直接の反射光が少ないのと、試料面が地表の方を向いているため、太陽からの直達光が試料面を照射しないためである。



写真3. 小型太陽追跡暴露装置 (OER-SF型)



写真4. 太陽追跡集光暴露装置 (OER-PC型)

表30 固定型・追跡集光型・追跡型暴露の放射露光量の測定結果

単位: MJ/m

月	固定型暴露				追跡集光型暴露				追跡型暴露			
	紫外部	可視部	赤外部	全波長域	紫外部	可視部	赤外部	全波長域	紫外部	可視部	赤外部	全波長域
1月	18.18	125.22	103.29	246.69	74.56	1148.21	1282.72	2505.49	24.89	275.58	303.68	604.15
2月	22.44	142.60	120.48	285.52	62.01	832.52	873.57	1768.10	27.22	257.04	271.31	555.57
3月	31.01	218.14	176.08	425.23	89.47	1083.74	1170.87	2344.08	36.59	317.96	326.24	680.79
4月	35.15	239.41	183.11	457.67	80.69	895.97	910.99	1887.65	38.68	296.75	278.82	614.25
5月	41.32	282.43	209.90	533.65	82.81	903.35	893.02	1879.18	43.14	320.04	283.50	646.68
6月	29.19	193.46	139.42	362.07	22.66	284.57	232.40	539.63	29.98	220.10	156.24	406.32
7月	43.67	324.83	211.84	580.34	86.52	1073.47	998.67	2158.66	47.49	377.95	282.74	708.18
8月	45.96	335.88	247.40	629.24	153.38	2041.80	1541.77	3736.95	60.13	490.84	404.04	955.01
9月	28.34	203.74	154.53	386.61	76.22	1073.31	855.06	2004.59	35.78	292.13	246.85	574.76
10月	18.97	138.77	109.47	267.21	54.46	862.31	759.76	1676.53	25.18	228.56	211.51	465.25
11月	13.37	99.37	80.84	193.58	38.41	692.43	671.78	1402.62	17.94	184.32	189.66	391.92
12月	11.99	92.58	77.55	182.12	52.29	978.45	937.38	1968.12	18.20	211.69	236.86	466.75
合計	339.59	2396.43	1813.19	4549.21	873.48	11870.13	11127.99	23871.60	405.22	3472.69	3191.45	7069.36

図42 固定型・追跡集光型・追跡型暴露の放射露光量の測定結果

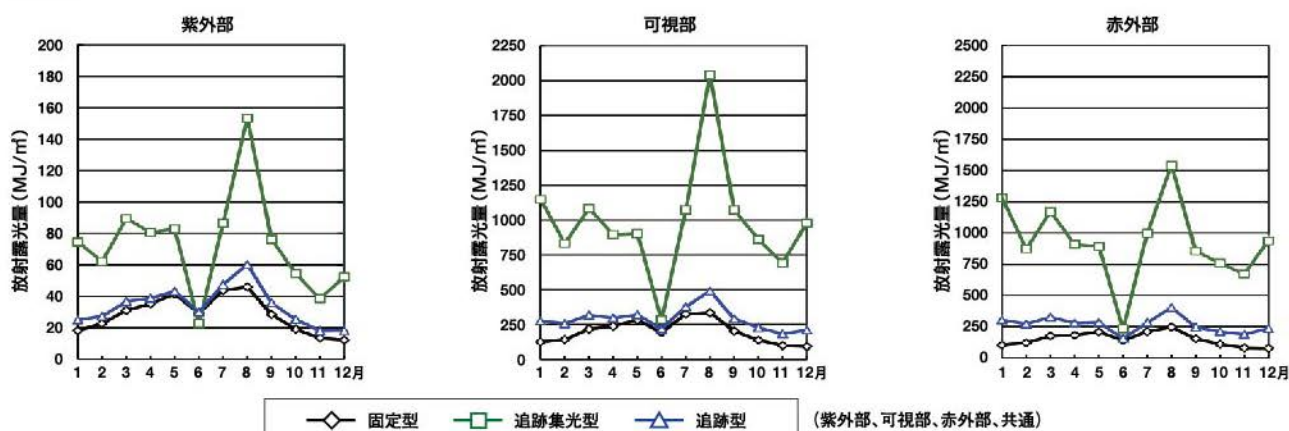


表31 固定型・追跡集光型・追跡型暴露の放射露光量の各波長域の比

単位:%

月	固定型暴露				追跡集光型暴露				追跡型暴露			
	紫外部	可視部	赤外部	全波長域	紫外部	可視部	赤外部	全波長域	紫外部	可視部	赤外部	全波長域
1月	7.37	50.76	41.87	100.00	2.98	45.83	51.20	100.00	4.12	45.61	50.27	100.00
2月	7.86	49.94	42.20		3.51	47.09	49.41		4.90	46.27	48.83	
3月	7.29	51.30	41.41		3.82	46.23	49.95		5.37	46.70	47.92	
4月	7.68	52.31	40.01		4.27	47.46	48.26		6.30	48.31	45.39	
5月	7.74	52.92	39.33		4.41	48.07	47.52		6.67	49.49	43.84	
6月	8.06	53.43	38.51		4.20	52.73	43.07		7.38	54.17	38.45	
7月	7.52	55.97	36.50		4.01	49.73	46.26		6.71	53.37	39.92	
8月	7.30	53.38	39.32		4.10	54.64	41.26		6.30	51.40	42.31	
9月	7.33	52.70	39.97		3.80	53.54	42.66		6.23	50.83	42.95	
10月	7.10	51.93	40.97		3.25	51.43	45.32		5.41	49.13	45.46	
11月	6.91	51.33	41.76		2.74	49.37	47.89		4.58	47.03	48.39	
12月	6.58	50.83	42.58		2.66	49.71	47.63		3.90	45.35	50.75	
平均	7.46	52.68	39.86	100.00	3.66	49.72	46.62	100.00	5.73	49.12	45.14	100.00

図43 固定型・追跡集光型・追跡型暴露の放射露光量の各波長域の比

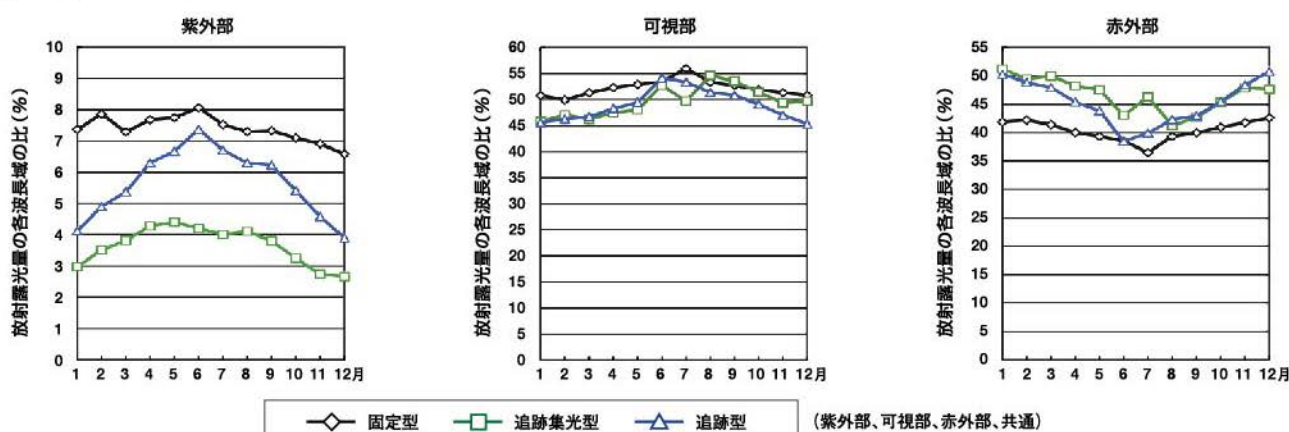
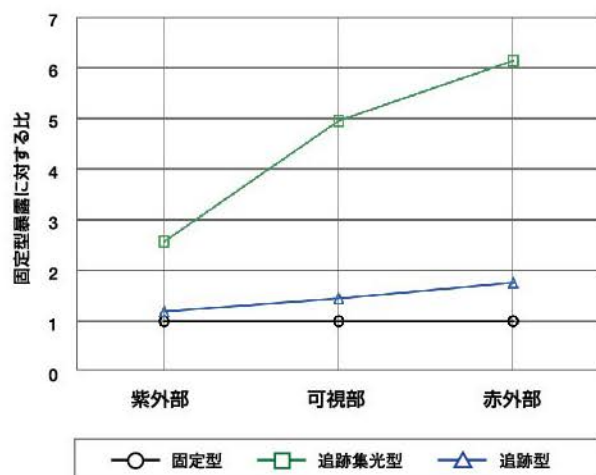


表32 固定型暴露に対する追跡集光型・追跡型暴露の放射露光量の各波長域の比

暴露方式	年間放射露光量 (MJ/m²)				固定型暴露に対する比			
	紫外部	可視部	赤外部	全波長域	紫外部	可視部	赤外部	全波長域
固定型暴露	339.59	2396.43	1813.19	4549.21	1.00	1.00	1.00	1.00
追跡集光型暴露	873.48	11870.13	11127.99	23871.60	2.57	4.95	6.14	5.25
追跡型暴露	405.22	3472.69	3191.45	7069.36	1.19	1.45	1.76	1.55

追跡暴露の場合は、固定暴露に対する比が紫外部1.19、可視部1.45、赤外部1.76となっている。追跡集光暴露と同様に、太陽高度が低い明け方や夕方に、太陽からの長い波長が多く、直接試料面を照射するためと考えられる。

図44 固定型暴露に対する追跡集光型、追跡型暴露の各波長域の比



暴露試験方法については、上述した方法以外に、アンダーグラス暴露試験、ブラックボックス暴露試験方法がある。アンダーグラス暴露台を写真5に示す。主に屋内で使用される材料、製品の試験を行うために、試料は窓ガラスにより外部と遮断されている。試料の受ける放射照度は窓ガラス越しとなる。表28、表29のJWTCの45°の測定結果から分かるように、直接暴露に対して紫外部の放射照度は約70%となっている。これは暴露台表面に取り付けられたガラスの吸収による。

ブラックボックス暴露台を写真6に示す。実際の製品は単体ではなく背面に他の物質が合わさって使用されることが多い。このため内部からの熱の影響を受けることがある。その再現を行うのが、ブラックボックス暴露台である。試料表面の放射照度に関しては、直接暴露台、アンダーグラス暴露台と同じであるが、暴露される試料は内部からの熱の影響も含めて、変化することになる。

3.4 放射露光量の日間変動

太陽の放射照度の一日の変化はどうなっているのだろうか？東京・新宿の一時間毎の積算放射照度を春・夏・秋・冬の晴れた日、曇りの日、雨の日について、1年間を通して観測した結果の一例を表33、表34、表35に示す。またその時間ごとの変化を図45、図46、図47に示す。また、春夏秋冬の波長別の比を表36、図48に示す。



写真5. アンダーグラス暴露台 (ORE-1G型)



写真6. ブラックボックス暴露台

測定場所：スガ試験機(株) 屋上

測定角度：0°(水平面)

測定機器：積算照度記録装置(スガ試験機製)

表33 春夏秋冬/晴天の放射露光量の測定結果の一例

単位: MJ/m

測定 時間	紫外部				可視部				赤外部			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
0~1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1~2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2~3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3~4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4~5	0.00000	0.00138	0.00000	0.00000	0.00000	0.00795	0.00000	0.00000	0.00000	0.00335	0.00000	0.00000
5~6	0.00126	0.01917	0.00130	0.00000	0.00586	0.12684	0.00502	0.00000	0.00335	0.07870	0.00042	0.00000
6~7	0.00971	0.05459	0.01352	0.00054	0.05484	0.40395	0.08037	0.00293	0.03893	0.28758	0.05902	0.00126
7~8	0.01599	0.10201	0.00632	0.01494	0.09251	0.74385	0.30809	0.08414	0.06195	0.54167	0.23107	0.08246
8~9	0.03106	0.14174	0.08100	0.04186	0.18042	0.99376	0.55716	0.28130	0.12139	0.73171	0.44037	0.25242
9~10	0.02290	0.17590	0.11453	0.07221	0.12977	1.17417	0.77734	0.51739	0.07786	0.85729	0.61660	0.47846
10~11	0.08590	0.23609	0.15936	0.09603	0.51572	1.59905	1.14989	0.69111	0.36125	1.16873	0.95064	0.65050
11~12	0.09561	0.25342	0.15162	0.10804	0.58227	1.70328	1.08041	0.78027	0.41609	1.23864	0.89497	0.74008
12~13	0.05496	0.25463	0.15446	0.10586	0.32483	1.71375	1.12771	0.76311	0.22270	1.26082	0.95818	0.72962
13~14	0.03851	0.22592	0.12818	0.09084	0.22688	1.52998	0.95148	0.70450	0.14567	1.14822	0.82213	0.69195
14~15	0.01800	0.17803	0.09247	0.06350	0.10465	1.21771	0.66348	0.49437	0.05651	0.92552	0.56553	0.49562
15~16	0.01741	0.12968	0.05718	0.03198	0.10465	0.90752	0.42865	0.20679	0.06865	0.69781	0.37967	0.18837
16~17	0.00787	0.07761	0.02453	0.00871	0.04521	0.54041	0.16493	0.05191	0.03098	0.41567	0.14065	0.03935
17~18	0.00594	0.03587	0.00419	0.00004	0.03349	0.22228	0.02344	0.00000	0.02721	0.16074	0.01130	0.00000
18~19	0.00025	0.00887	0.00000	0.00000	0.00042	0.04772	0.00000	0.00000	0.00126	0.02135	0.00000	0.00000
19~20	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
20~21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
21~22	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
22~23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
23~0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
合計	0.40537	1.89496	0.98865	0.63456	2.40151	12.93223	7.31797	4.57781	1.63380	9.53780	6.07054	4.35009

表34 春夏秋冬/曇天の放射露光量の測定結果の一例

単位: MJ/m

測定 時間	紫外部				可視部				赤外部			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
0~1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1~2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2~3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3~4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4~5	0.00000	0.00033	0.00000	0.00000	0.00000	0.00167	0.00000	0.00000	0.00000	0.00084	0.00000	0.00000
5~6	0.00230	0.00787	0.00213	0.00000	0.01340	0.04814	0.01716	0.00000	0.01047	0.03516	0.01674	0.00000
6~7	0.01570	0.02206	0.01545	0.00029	0.09921	0.13521	0.10046	0.00084	0.08079	0.10130	0.07409	0.00042
7~8	0.03608	0.04914	0.05475	0.00745	0.22563	0.32483	0.43116	0.03474	0.17916	0.25367	0.33153	0.02260
8~9	0.03671	0.08380	0.07836	0.02545	0.22395	0.55883	0.58604	0.17749	0.16870	0.43744	0.44497	0.15907
9~10	0.03918	0.09720	0.09259	0.03897	0.23023	0.64506	0.62371	0.27376	0.16870	0.50567	0.46130	0.24279
10~11	0.05932	0.15338	0.05191	0.03772	0.35874	1.05069	0.32316	0.25242	0.27167	0.83092	0.22479	0.21307
11~12	0.04810	0.15618	0.05266	0.03140	0.28549	1.06115	0.32525	0.19214	0.20637	0.83134	0.23400	0.15614
12~13	0.06091	0.10779	0.06497	0.03822	0.36962	0.72711	0.40604	0.23483	0.27837	0.57097	0.29762	0.19339
13~14	0.06359	0.09536	0.03901	0.02432	0.38972	0.62999	0.24028	0.14567	0.29930	0.49646	0.17330	0.11721
14~15	0.04190	0.06384	0.03345	0.01595	0.25367	0.41734	0.20972	0.09502	0.19046	0.32148	0.15404	0.07660
15~16	0.02198	0.03889	0.01955	0.00850	0.12977	0.24614	0.12098	0.04814	0.09377	0.18544	0.08665	0.03809
16~17	0.01180	0.01951	0.00833	0.00226	0.06865	0.12432	0.05191	0.01088	0.04981	0.09251	0.03726	0.00670
17~18	0.00356	0.00825	0.00310	0.00000	0.01884	0.05191	0.01926	0.00000	0.01256	0.03684	0.01507	0.00000
18~19	0.00000	0.00067	0.00000	0.00000	0.00000	0.00167	0.00000	0.00000	0.00000	0.00042	0.00000	0.00000
19~20	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
20~21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
21~22	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
22~23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
23~0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
合計	0.44112	0.90426	0.51626	0.23052	2.66690	6.02407	3.45512	1.46594	2.01012	4.70046	2.55137	1.22608

表35 春夏秋冬/雨天の放射露光量の測定結果の一例

単位: MJ/m

測定時間	紫外部				可視部				赤外部			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
0~1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1~2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2~3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3~4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4~5	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.01340	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
5~6	0.00247	0.00285	0.00021	0.00000	0.01298	0.05274	0.00084	0.00000	0.00963	0.00628	0.00042	0.00000
6~7	0.00632	0.00917	0.00373	0.00008	0.03684	0.06949	0.02009	0.00000	0.02512	0.03181	0.01172	0.00000
7~8	0.01084	0.01193	0.02055	0.00327	0.05986	0.11470	0.12851	0.01842	0.03767	0.04019	0.09377	0.01256
8~9	0.01825	0.01942	0.02189	0.01633	0.10256	0.12391	0.13395	0.10842	0.06446	0.07074	0.08874	0.08791
9~10	0.01762	0.02114	0.03512	0.02738	0.10298	0.13018	0.21014	0.18084	0.06656	0.07242	0.14860	0.14944
10~11	0.02754	0.02214	0.04178	0.02294	0.16367	0.34953	0.25744	0.14567	0.11093	0.07577	0.18084	0.11721
11~12	0.01808	0.05747	0.04257	0.02608	0.11093	0.24865	0.26790	0.16409	0.07200	0.23358	0.19256	0.13479
12~13	0.03160	0.04031	0.04094	0.03604	0.18879	0.19674	0.27000	0.23735	0.13311	0.17163	0.20177	0.20051
13~14	0.02725	0.03232	0.03152	0.02717	0.17079	0.25283	0.19549	0.17163	0.12265	0.13144	0.14191	0.13605
14~15	0.04672	0.03989	0.02281	0.01256	0.28632	0.26665	0.14107	0.07912	0.21600	0.17749	0.10046	0.06070
15~16	0.01633	0.03993	0.01243	0.00360	0.09963	0.24488	0.07116	0.02177	0.07284	0.19716	0.04939	0.01507
16~17	0.01482	0.03788	0.00239	0.00059	0.08749	0.13228	0.01423	0.00251	0.06405	0.17874	0.00921	0.00084
17~18	0.00389	0.02114	0.00008	0.00000	0.02177	0.03474	0.00042	0.00000	0.01507	0.09377	0.00084	0.00000
18~19	0.00008	0.00632	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01842	0.00000	0.00000
19~20	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
20~21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
21~22	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
22~23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
23~0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
合計	0.24183	0.36196	0.27602	0.17602	1.44459	2.23072	1.71124	1.12980	1.01008	1.49943	1.22022	0.91506

図45 春夏秋冬/晴天の放射露光量の測定結果の一例

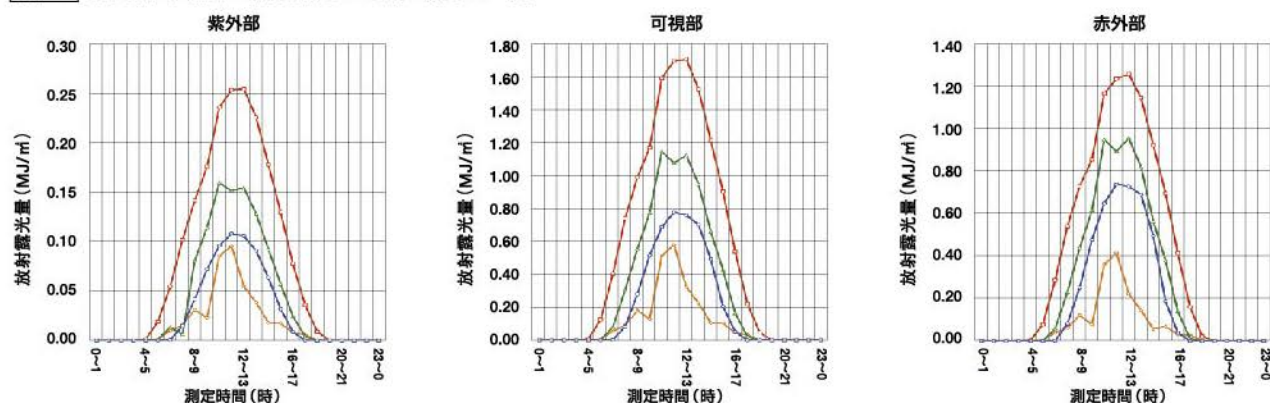
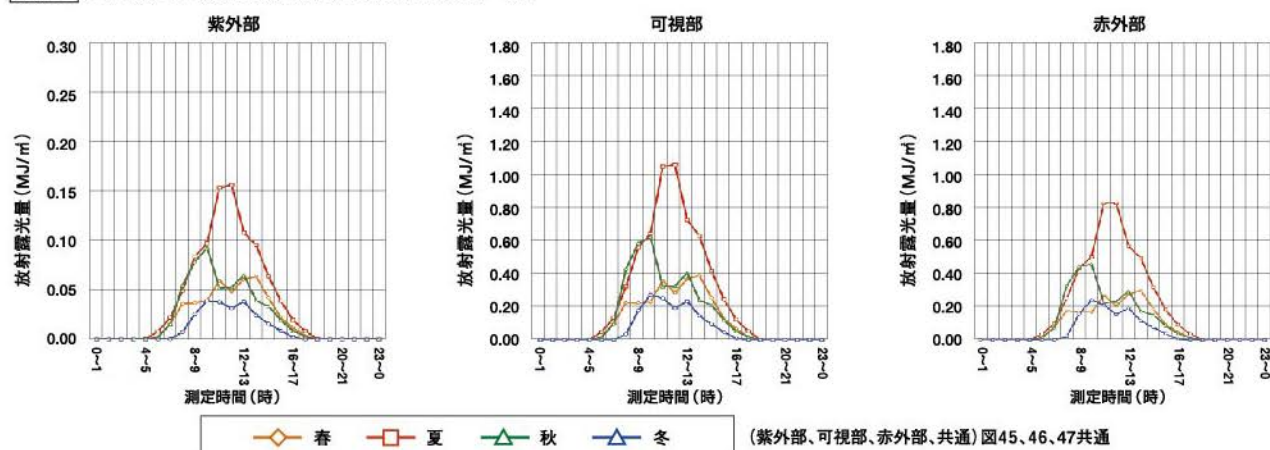


図46 春夏秋冬/曇天の放射露光量の測定結果の一例



(紫外部、可視部、赤外部、共通) 図45、46、47共通

図47 春夏秋冬/雨天の放射露光量の測定結果の一例

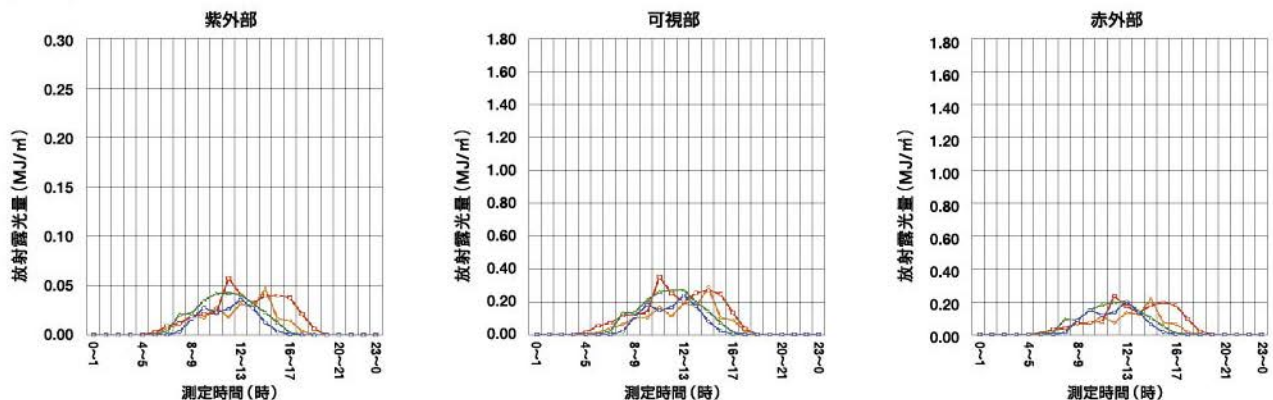
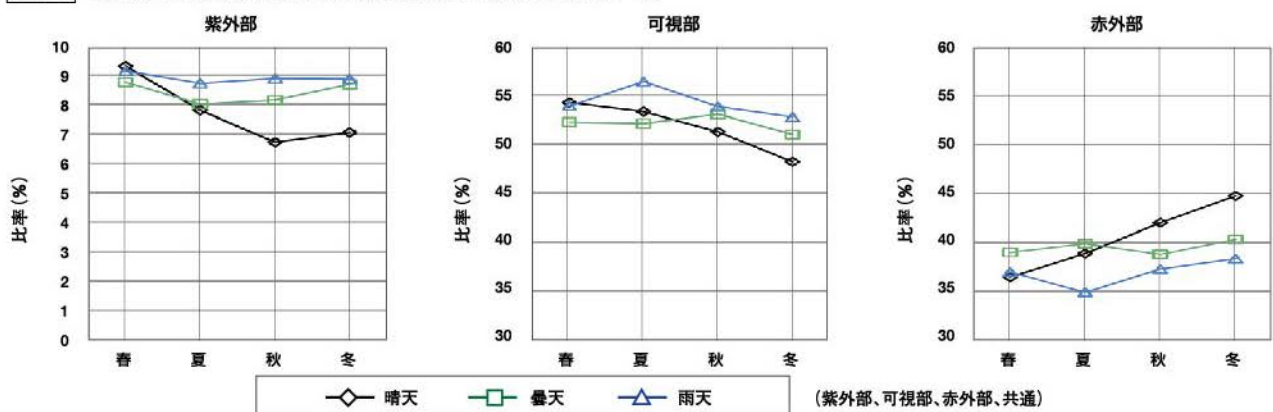


表36 春夏秋冬/晴天、曇天、雨天の放射露光量の波長別の比の一例

季節	晴天			曇天			雨天		
	紫外部	可視部	赤外部	紫外部	可視部	赤外部	紫外部	可視部	赤外部
春	9.30	54.25	36.45	8.76	52.25	38.99	9.14	53.88	36.98
夏	7.80	53.31	38.89	8.01	52.11	39.88	8.72	56.39	34.90
秋	6.72	51.27	42.01	8.15	53.06	38.79	8.88	53.83	37.29
冬	7.05	48.20	44.74	8.68	51.01	40.31	8.87	52.77	38.36

図48 春夏秋冬/晴天、曇天、雨天の放射露光量の波長別の比の一例



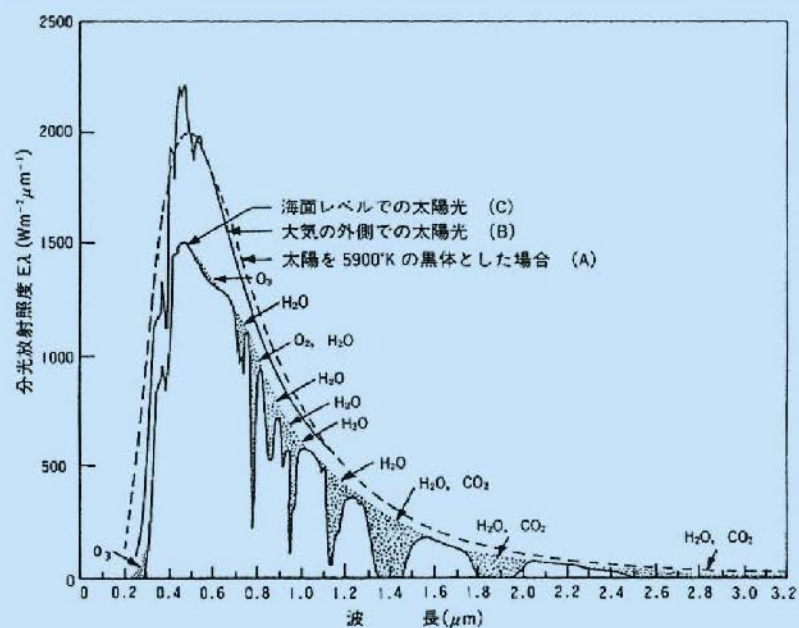
放射露光量に関しては、春夏秋冬にかかわらず南中時近くに放射照度の最大があり、夏は冬に比べて、晴れの日には倍以上の太陽エネルギーが当たっていることが分かる。春夏秋冬、晴れ・曇り・雨と気候・天候が変わると、太陽からの放射露光量も大きく変化することに注意する必要がある。

以上、太陽のエネルギーについて基本から実測結果まで記載した。太陽の放射エネルギーにより、人間界の生活は成り立っており、太陽を有効に利用する必要があることを改めて感ずる次第である。

最後に本稿で紹介した太陽エネルギーの観測では、(財)スガウェアリング技術振興財団耐候光研究委員会の協力を頂いた。誌面をお借りして感謝申し上げる。

【参考文献】

- *1) INTEGRATING ACTIONMETERのエネルギー絶対値校正
東京芝浦電気(株)マツダ研究所 芋谷史郎
(東洋理化学工業(株) 現 スガ試験機(株))
- *2) スガテクニカルニュース
(No.112.119.122.176.186.197.202.211)
- *3) JIS K 5600-7-6 塗料一般試験方法
第7部；塗膜の長期耐久性 第6節：屋外暴露耐候性
- *4) JIS K 7219 プラスチック直接屋外暴露、アンダーグラス
屋外暴露及び太陽集光促進屋外暴露試験方法
- *5) JIS Z 2381 大気暴露試験方法通則
- *6) 東京における傾斜面への日射量 気象研究所 関原 雅
- *7) 太陽エネルギーハンドブック (日本太陽エネルギー学会)
- *8) 新発電システムの標準化に関する調査研究 成果報告書
(財団法人 日本ウエザリングテストセンター)



図解 宇宙工学概論(岩崎信夫著)丸善ブレットより引用

本社・研究所 〒160-0022 東京都新宿区新宿5-4-14 ☎03-3354-5241 Fax 03-3354-5275
 日高・川越工場 〒350-1213 埼玉県日高市高萩1973-1 ☎042-985-1661 Fax 042-989-6626
 名古屋支店 〒465-0051 名古屋市名東区社が丘1-605 ☎052-701-8375 Fax 052-701-8513
 大阪支店 〒564-0053 大阪府吹田市江の木町3-23 ☎06-6386-2691 Fax 06-6386-5156
 広島支店 〒733-0033 広島市西区観音本町2-12-11 ☎082-296-1501 Fax 082-296-1503

スガ試験機株式会社
 Suga Test Instruments Co., Ltd.
www.sugatest.co.jp