

1. はじめに

当財団銚子暴露試験場では、暴露環境を把握するために多くの気象環境データの観測を行っているが、これらのデータを解析することによって気象庁などのデータからある地点の暴露環境を推定することができれば耐候性を評価するうえで大変便利である。そこで、我々が比較的簡単に得ることができる気象台の気象月報や理科年表などのデータから、傾斜面の日射量やブラックパネル温度などを推定することを検討した。

2. 水平面の日射量と傾斜面の日射量との関係

図1に銚子における全天日射量(水平面)と傾斜面の日射量との比の月別変動を示す。傾斜面の日射量は傾斜角度が大きくなるほど冬季の値が大きくなり、約60度にピークがある。また、垂直面の日射量の年変化は水平面の年変化とほぼ対称的となる。この比率から傾斜面の日射量を推定すると表1のようになる。毎月の各角度の比率を水平面の日射量に単純に乗じた推定値と実測値

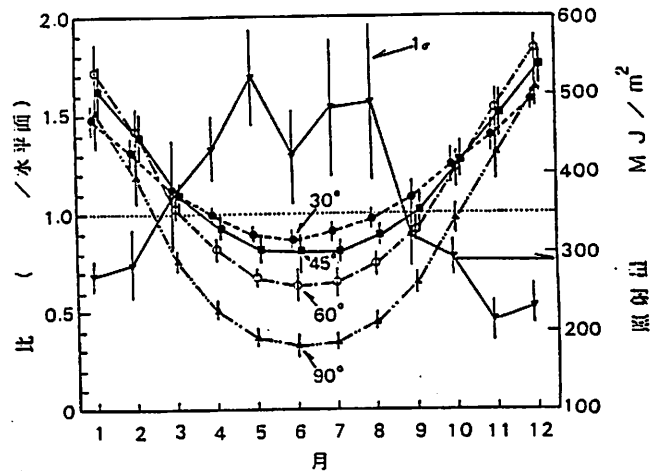


図1 銚子における全天日射量(水平面)と照射量比(傾斜面/水平面)の月別変動(1972-1986)

との差は3%台から10%台の範囲で比較的正しい値の推定ができることがわかった。しかし、これらの比率は銚子と同じ北緯35度付近ではほぼ同様になると考えられるが、その他の地方には適用できない。傾斜面の日射量を推定する場合、水平面の日射量を直達光と散乱光に分解し、それを傾斜面の日射量に再構成することが行われる。

そこで、各角度の日

表1 水平面全天日射量との比率による傾斜面日射量の推定 (銚子)

射量を(1)式及び

(2)式により直達

成分と散乱成分に近

似的に分解した。

$$I_H = I_D + I_S \dots (1)$$

I_H : 水平面全天

日射量 (1時間毎の

積算値)

I_D : 直達日射量

(1時間毎の積算値)

I_S : 散乱日射量

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30° / 0°	k	1.510	1.314	1.123	1.000	0.910	0.880	0.916	0.990	1.083	1.234	1.422	1.595
	r	0.930	0.964	0.983	0.937	0.930	0.944	0.991	0.988	0.927	0.916	0.951	0.966
	σ	14.29	13.48	13.81	16.78	19.15	19.54	17.90	18.68	20.78	17.41	16.04	11.92
	c	3.6	3.6	3.4	4.0	4.0	5.5	4.1	3.8	5.7	5.1	5.2	3.3
45° / 0°	k	1.667	1.387	1.103	0.929	0.813	0.788	0.813	0.896	1.043	1.270	1.545	1.771
	r	0.830	0.901	0.965	0.825	0.807	0.770	0.959	0.980	0.920	0.904	0.910	0.919
	σ	24.06	23.25	17.95	23.70	25.76	30.33	22.06	19.32	21.77	19.06	22.66	18.01
	c	5.5	5.9	4.5	6.1	6.1	9.5	5.7	4.3	6.2	5.5	6.7	4.5
60° / 0°	k	1.761	1.396	1.040	0.807	0.679	0.620	0.654	0.761	0.941	1.232	1.570	1.866
	r	0.814	0.894	0.968	0.846	0.853	0.905	0.930	0.915	0.929	0.879	0.914	0.907
	σ	28.74	25.88	17.66	19.80	19.85	15.78	22.92	34.75	23.94	25.00	27.35	23.19
	c	6.2	6.5	4.6	5.8	5.6	6.3	7.3	9.1	7.6	7.4	8.0	5.5
90° / 0°	k	1.561	1.156	0.759	0.498	0.370	0.330	0.356	0.464	0.656	0.967	1.358	1.694
	r	0.742	0.833	0.935	0.639	0.541	0.664	0.823	0.927	0.906	0.866	0.869	0.847
	σ	34.08	26.74	20.62	25.73	29.07	16.39	19.39	19.16	18.78	18.08	28.63	29.19
	c	8.3	8.1	7.4	12.3	15.1	12.2	11.4	8.2	8.6	6.8	9.6	7.6

k: 各角度別日射量の月平均値と水平面日射量の月平均値との比率 (1972~1986年の平均)
 r: 各角度別日射量の実測値と水平面日射量にkを乗じた推定値との相関係数 (n=14,15)
 σ : $\sqrt{\sum(\text{実測値}-\text{推定値})^2/n}$ で定義
 c: $\sigma/\text{実測値の平均} \times 100\%$ で定義

$$I_K = I_D (\cos K \sin H + \sin K \cos H \cos A) \dots (2)$$

I_K : 傾斜面に入射する直達日射成分

K: 暴露角度

H: 毎時30分の太陽高度

A: 毎時30分の太陽方位

図2~3に各角度の直達成分及び散乱成分の水平面全天日射量に対する割合を示す。直達成分の水平面全天日射量に対する割合と暴露角度とは2次の関係が認められるが、散乱成分の水平面全天日射量に対する割合と暴露角度とはあまり規則性が認められない。これは、散乱光の場合地表面や雲の状態によって大きく影響されるためと考えられるが、仮に2次の関係があると仮定してこれら直達成分と散乱成分の暴露角度との関係を以下の式によって表した。

$$y = a + bx + cx^2 \dots (3)$$

$$z = d + ex + fx^2 \dots (4)$$

x: 暴露角度

y: 直達成分の水平面全天日射量に対する割合

a: $2.76 \times 10^{-1} + 1.44 \times 10^{-3} \times \text{月間日照時間}$

b: $3.55 \times 10^{-2} - 4.83 \times 10^{-4} \times 15 \text{日の南中高度}$

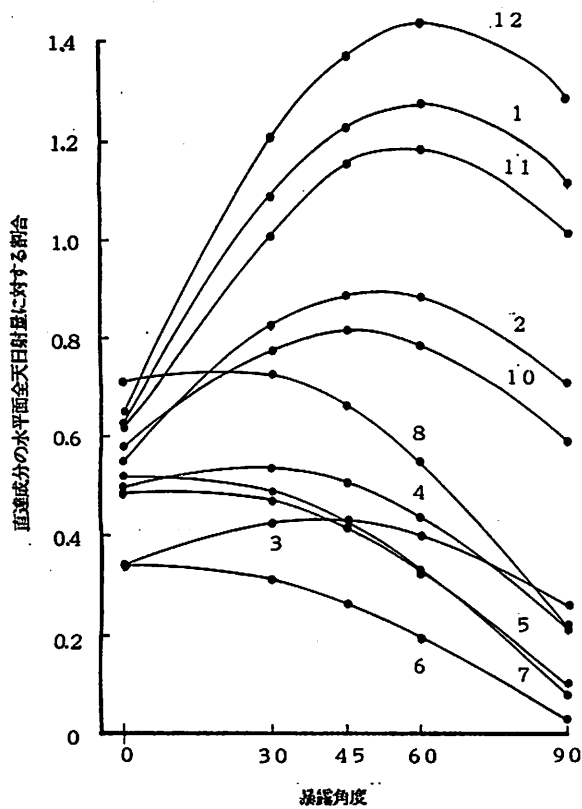


図2 直達成分の水平面全天日射量に対する割合と暴露角度との関係 (1985)

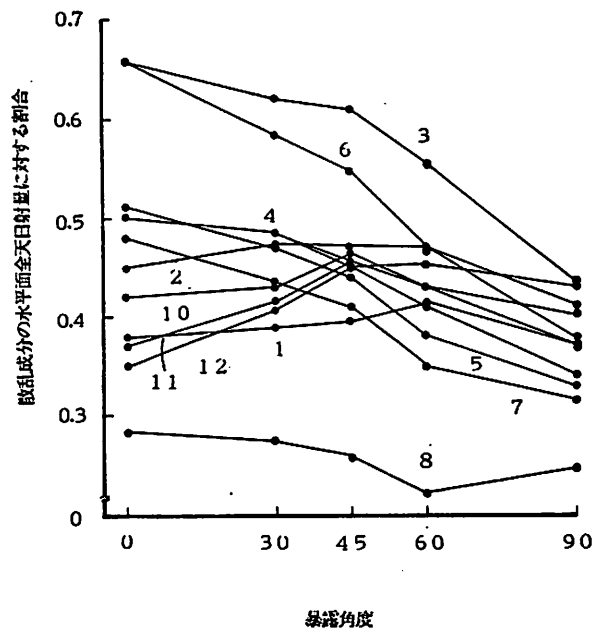


図3 散乱成分の水平面全天日射量に対する割合と暴露角度との関係 (1985)

c: $-2.17 \times 10^{-4} + 2.18 \times 10^{-6} * 15$ 日の南中高度

z: 散乱成分の水平面全天日射量に対する割合

d: $7.16 \times 10^{-1} - 1.39 \times 10^{-3} * 月間日照時間$

e: $6.09 \times 10^{-3} - 1.06 \times 10^{-4} * 15$ 日の南中高度

f: $-4.11 \times 10^{-5} + 4.54 \times 10^{-7} * 15$ 日の南中高度

(3)式及び(4)式による割合の計算値と(1)式、(2)式から得られた値(仮に実測値と呼ぶ)との関係を図4~5に示す。直達成分に関してはかなりの相関がみられ、散乱成分でもある程度の相関が認められる。そこで、これらを用いて傾斜面の日射量を推定した。

$$I_{KM} = I_{HM}(a + bx + cx^2 + d + ex + fx^2) \dots \dots \dots (5)$$

I_{KM} : 月間傾斜面日射量の推定値

I_{HM} : 月間水平面全天日射量の実測値

(5)式による推定値と実測値との関係を図6及び表2に示す。各角度の毎月の推定値は傾斜角が大きくなるほど実測値との差が大

実測値 = $-0.108 + 1.127 * \text{推定値}$
 $n = 55$ $r = 0.960$ 誤差 = 0.109

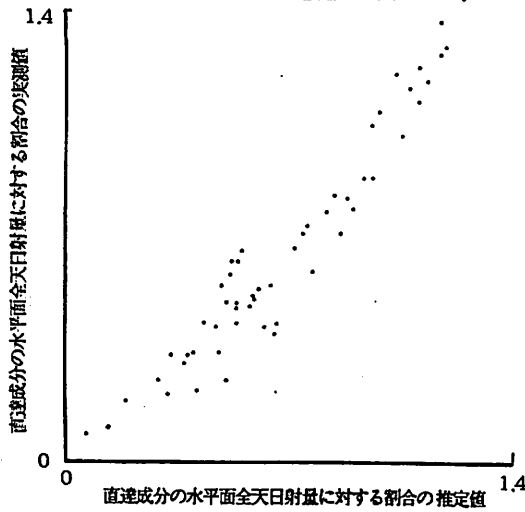


図4 直達成分の水平面全天日射量に対する割合の実測値と推定値の関係 (1985)

実測値 = $0.201 + 0.535 * \text{推定値}$
 $n = 55$ $r = 0.698$ 誤差 = 0.087

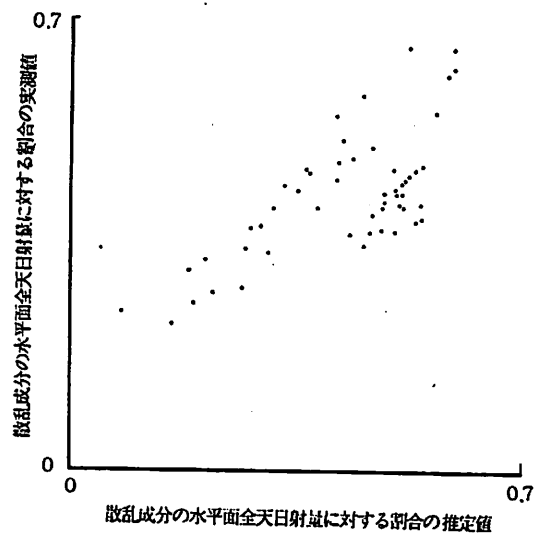


図5 散乱成分の水平面全天日射量に対する割合の実測値と推定値の関係 (1985)

表2 傾斜面日射量の推定 (1985)

月	30			45			60			90		
	実測	推定	差	実測	推定	差	実測	推定	差	実測	推定	差
1	393.70	400.53	6.83	430.54	437.47	6.93	448.61	453.99	5.38	394.95	425.77	30.82
2	345.25	366.08	20.83	361.18	389.92	28.74	360.07	395.99	35.92	296.34	354.80	58.46
3	269.15	312.36	43.21	267.65	319.60	51.95	245.12	312.83	67.71	179.73	257.25	77.52
4	465.50	472.84	7.34	437.28	453.83	16.55	384.70	416.42	31.72	252.80	286.36	33.56
5	494.86	471.97	-22.89	449.72	421.69	-28.03	375.21	355.91	-19.30	227.16	177.87	-49.29
6	352.38	326.26	-26.12	320.17	278.02	-42.15	261.22	220.24	-40.98	161.57	110.34	-51.23
7	494.41	456.46	-37.95	446.27	396.65	-49.62	362.59	323.05	-39.54	212.77	133.43	-79.34
8	615.73	597.76	-17.97	566.16	556.03	-10.13	476.01	492.82	16.81	289.71	301.98	12.27
9												
10	368.72	401.68	32.96	391.57	421.26	29.69	371.42	421.94	50.52	293.81	366.63	72.82
11	387.35	383.19	-4.16	426.76	420.67	-6.09	428.95	433.67	4.72	372.33	401.22	28.89
12	405.29	386.79	-18.50	459.41	424.79	-34.62	475.98	442.83	-33.15	431.06	419.27	-11.79
計	4592.34	4580.92	-11.42	4556.71	4519.93	-36.78	4189.88	4269.69	79.81	3112.23	3234.92	122.69

きくなる。しかし、年間の合計値
 で比較すると誤差はちいさくなる。

実測値 = $15.638 + 0.951 * \text{推定値}$
 $n = 55$ $r = 0.949$ 誤差 = 33.486

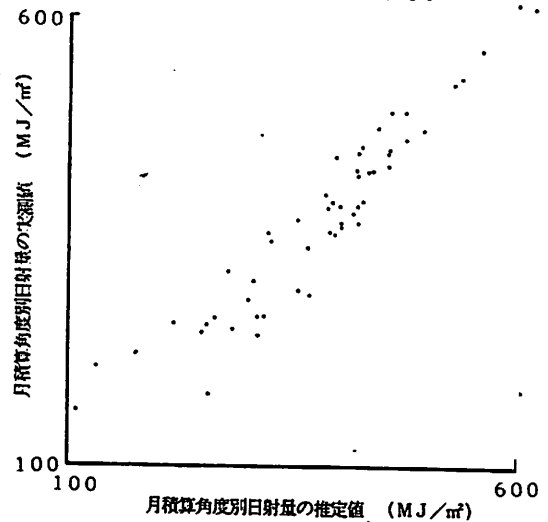


図6 月積算角度別日射量の実測値と推定値の関係 (1985)

2. ブラックパネル温度と日射量、気温との関係

高分子材料の劣化因子の一つに熱の作用があるが、日射や気温のブラックパネル温度に与える影響について検討した。

図7に毎正時のブラックパネル温度と全天日射量の一時間毎の積算値との関係を示す。おおよそ正の相関は認められるが、同じ日射量に対してかなり広い範囲に分布しており、気温の影響が大きいことを示している。図8に毎正時のブラックパネル温度と気温との関係を示す。かなり高い相関関係がみられ、気温より高い部分は日射による影響と思われる。

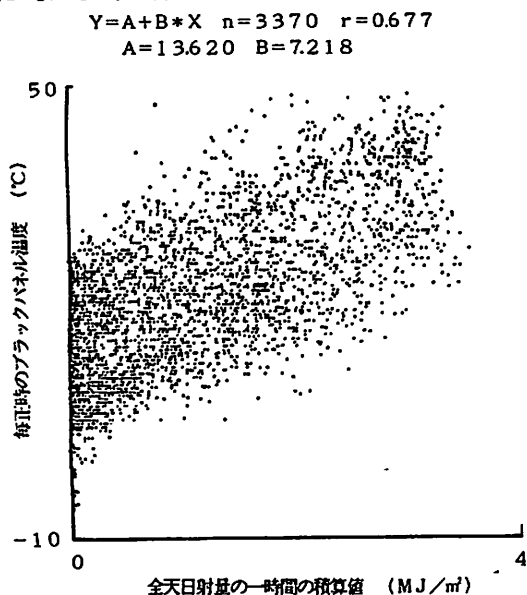


図7 ブラックパネル温度と全天日射量の関係 (1985)

この日射と気温による影響を

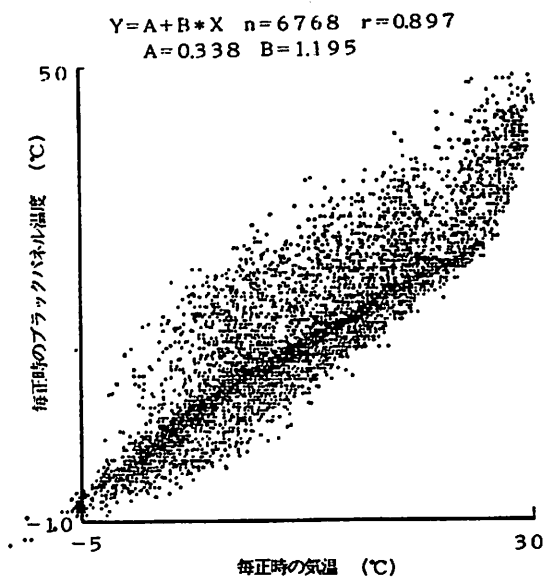


図8 ブラックパネル温度と気温の関係 (1985)

$$y = 4.994x_1 + 1.009x_2 \quad \dots \quad (6)$$

y : 毎正時のブラックパネル温度の推定値

x_1 : 水平面全天日射量の一時間当りの積算値

x_2 : 毎正時の気温

のように表し、(6)式による推定値と実測値との関係を図9に示す。推定値と実測値の関係式は、切片がほぼ0で傾きが1に近く両者に大変高い相関が認められた。ただし、(6)式は一時間毎のデータがなければ利用できない。そこで、一日毎のデータから推定することを試みた。この場合、一日の平均的な値よりも最高ブラ

ックパネル温度を推定するほうが実際的と思われるので、日積算全天日射量と日最高気温から日最高ブラックパネル温度を(7)式によって推定した。

$$y = 0.769x_1 + 1.198x_2 \dots \dots \dots (7)$$

y : 日最高ブラックパネル温度の推定値

x₁ : 日積算全天日射量

x₂ : 日最高気温

(7)式による推定値と実測値の関係を図10~12に示す。

実測値 = 0.042 + 0.998 * 推定値
n = 6671 r = 0.966 誤差 = 2.863

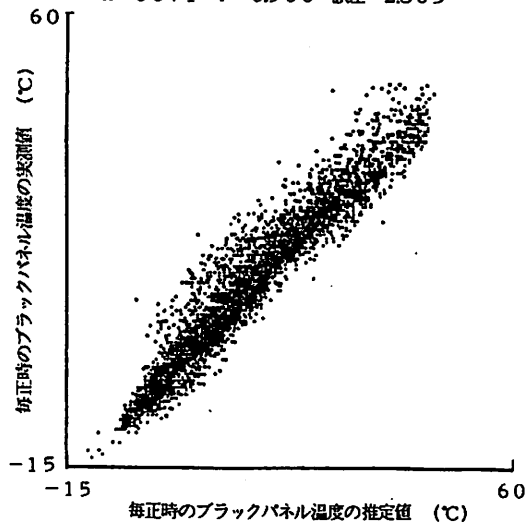


図9 毎正時のブラックパネル温度の実測値と推定値の関係 (1985)

実測値 = 9.473 + 0.738 * 推定値
n = 360 r = 0.888 誤差 = 6.050

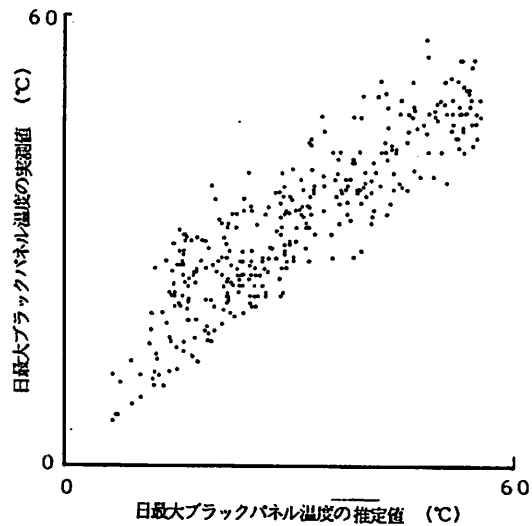


図10 日最大ブラックパネル温度の実測値と推定値の関係 (1985)

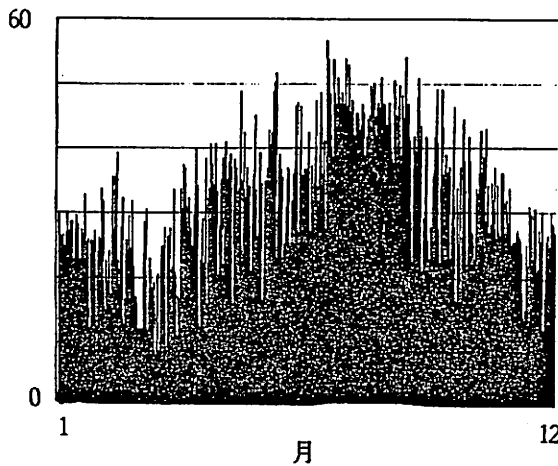


図11 日最大ブラックパネル温度の実測値 (1985)

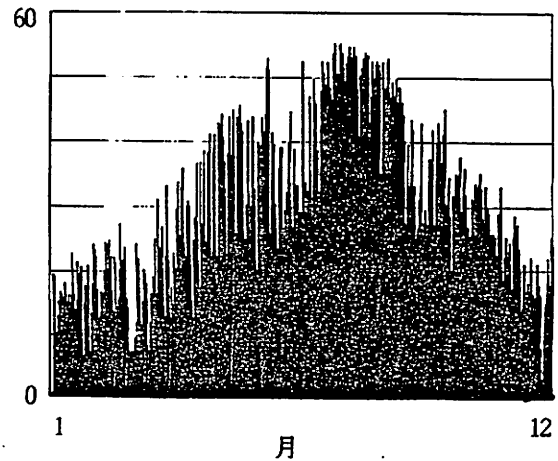


図12 日最大ブラックパネル温度の推定値 (1985)

3. 海塩粒子捕集量に及ぼす気象因子の影響

先に建築学会に発表した「海塩粒子捕集量に及ぼす気象因子の影響」³⁾について、その内容を簡単に紹介する。

海塩粒子量の捕集方法はJIS Z 2381に準じたガーゼ法で、気象データは捕集地点近傍の気象台で観測されたアメダスの毎時のデータを利用した。

表3に毎月の海塩粒子捕集量と、積算風速・降水量等との相関係数を示す。

表3 毎月の海塩粒子捕集量と、積算風速・降水量等との相関係数

場所	方位 方位別	全方位	降水無	降水有	降水有	降水無	降水有	降水無/有	
		積算 風速: 捕集量	積算 降水量: 捕集量	積算 風速: 捕集量	積算 風速: 捕集量	(風速× 降水量): 積算 捕集量	方位別 積算 風速: 捕集量	方位別 積算 風速: 捕集量	方位別 積算 風速: 捕集量
表現式: S=		CEW	So-CER	CEW _N	CEW _R	CE(W _R ·R)	EC _i (ΣW _{Ni})	ΣC _i (ΣW _{Ri})	ΣC _{Ni} (ΣW _{Ni}) +ΣC _{Ri} (ΣW _{Ri})
記号 S:海塩粒子捕集量, W:毎時風速, R:毎時降水量, C:影響係数 添字 o:降水無の場合の推定値, N:降水無, R:降水有, i:各方位									
①銚子	上-SN	0.0798	0.1309	-0.0025	0.1855	0.1555	0.5364	0.4925	0.7042
	-EH	0.0824	0.1206	-0.0092	0.2056	0.0819	0.4176	0.3738	0.5785
	下-SN	0.1801	0.1688	0.0479	0.3216	0.1677	0.5250	0.4089	0.6738
	-EH	0.1761	0.1213	0.0722	0.2580	0.0896	0.4684	0.4116	0.6241
	百葉箱	0.5284	0.2812	0.4333	0.3750	0.3584	0.6299	0.4426	0.7229
②旭川高専		0.1407	-0.0234	0.0461	0.4167	0.1839	0.6463	0.5753	0.7615
③沖縄県工業試		0.2984	-0.0374	0.1836	0.2952	0.3396	0.5441	0.5193	0.6994
④琉球大学	上-SN	0.2177	-0.2339	0.2988	-0.1164	-0.1436	0.6711	0.3737	0.9350
	-EH	0.2240	-0.3283	0.3485	-0.2048	-0.3367	0.6848	0.1766	0.8699

風により海塩粒子が運ばれると仮定すると、積算風速が多いほど海塩粒子捕集量も多くなるはずである。全方位積算風速と海塩粒子捕集量との相関係数を表3の左端第1列に示す。これによれば、銚子の百葉箱以外はあまり大きな値とはならない。

降雨がある場合、海塩粒子が運ばれてくる途中でそれが雨水に溶けたり、ガーゼに付着している塩分の一部が雨によって除去されて捕集量が減少することが考えられる。積算降水量との相関係数を表3の左端から第2列に示す。

銚子では正の値になって、捕集量を増加させる傾向があり、他の地点では負の値となっている。中でも琉球大学では、第1列よりも

絶対値が大きい。これらの結果は海塩粒子捕集量に対して降水の影響がかなりあることを示唆している。そこで、降水がない場合、降水がある場合、及び両者の影響を同時に考慮する場合に分けて考察した。

降水のない場合の積算風速と海塩粒子捕集量との相関係数を表3の第3列に示す。琉球大学以外は第1列より値が小さくなり、あまり相関は認められない。降水を考慮しない場合(第1列)には相関係数をいくらか大きくする因子が含まれており、降水無の場合にはそれがなくなることになる。すなわち、降水があることが相関係数を大きくする因子であることが分かる。

降水ありの場合の全方位積算風速と海塩粒子捕集量との相関係数を表3の第4列に示す。これによると、銚子では百葉箱を除いて第1列より大きな値となり、旭川でも同様である。沖縄県工業試験場は第1列とあまりかわらないが、琉球大学では負の値となり、雨による除去効果があることを示している。

他方、捕集地点の海を臨む方向と付近の地形的な条件により、ある特定の方位からの風によって海塩粒子が運ばれることが考えられる。そこで、まず降水なしの条件で各方位別に積算風速を求め、海塩粒子捕集量との重相関係数を表3の第6列に示す。第6列の値は第1～5列の値に比べて大きな値となり、概ね特定の飛来傾向が存在することが考えられる。

降水ありの場合でも、各方位別に積算風速を求め、海塩粒子捕集量との重相関係数を表3の第7列に示す。第4、5列よりは大きな値であるが第6列より小さくなった。降水ありの場合のみの積算風速では雨による除去効果もあるため、このような結果になったものと推察される。

降水なしの場合に海塩粒子が運ばれる一方、降水ありの場合では海塩粒子捕集量を増加させたり減少させたりするという相反作用がある。そこで、降水なし/ありの場合のそれぞれの方位別の積算風速を考え、海塩粒子捕集量との重相関係数を求めた。その結果を表

3 の第 8 列に示す。この値はこれまでのどんな場合よりも大きく、積算風速と海塩粒子捕集量とはかなりの相関があることを示している。

参考文献

- 1) 高根・外川：傾斜角度による太陽光受光量の季節変動
第 7 回防錆防食技術発表大会講演予稿集、p21~24、1987.
- 2) 日本太陽エネルギー学会編：太陽エネルギーの基礎と応用
オーム社
- 3) 富板・櫻野・高根：海塩粒子捕集量に及ぼす気象因子の影響、日本建築学会に投稿中、昭和 62 年 9 月