

促進耐候(光)性試験の歴史と発展(28)

須賀茂雄
前号より続く 木村哲也

5.4.3 BPT・BST による温度測定結果

促進耐候性試験において、ブラックパネル温度(BPT)による温度測定は極めて重要である。同様にブラックスタンダード温度(BST)による温度管理、さらにホワイトパネル温度(WPT)による測定が、最近は行われている。BPT と BST の構造上の違いについては、本稿(25)5.4 において説明をした。屋外暴露試験、促進耐候性試験機で試験片の温度と周囲温度の関係について、実際の比較を行ったので、その結果を記す。

(1)アメリカの実測例(BPT と気温)

屋外の BPT の温度については、フロリダ、アリゾナの暴露試験が行なわれている厳しい場所については前号で述べたが、その時の周囲温度について記述する。気象庁・世界の天候データツールに発表されているフロリダ(マイアミ)、アリゾナ(フェニックス)の 2012 年 3 月から 2017 年 2 月までの 5 年間の月平均気温、月平均最高気温、月平均最低気温の測定結果を参考に、時期は異なるが前述の 1989 年と 1990 年のフロリダ(マイアミ)、アリゾナ(フェニックス)のブラックパネル温度の月平均最高温度をまとめると表 47、表 48 になる。

表 47 フロリダ(マイアミ)の月平均気温・降水量(2012 年 3 月から 2017 年 2 月)と BPT(1989、1990 年)

月	月平均気温 (°C)	平均最高気温 (°C)	平均最低気温 (°C)	平均降水量 (mm)	BPT(1989年) (°C)	BPT(1990年) (°C)	BPT(1989 年) - 平均最 高気温(°C)	BPT(1990 年) - 平均最 高気温(°C)	平均BPT(°C)	平均BPT - 平 均最高気温 (°C)
1	21.3	25.3	17.3	73.2	56	56	30.7	30.7	56.0	30.7
2	21.8	26.0	17.5	50.8	50	54	24.0	28.0	52.0	26.0
3	23.4	27.5	19.2	52.6	54	56	26.5	28.5	55.0	27.5
4	25.4	29.1	21.7	98.2	54	53	24.9	23.9	53.5	24.4
5	26.7	30.4	23.1	201.6	55	50	24.6	19.6	52.5	22.1
6	28.2	31.8	24.7	257.8	50	51	18.2	19.2	50.5	18.7
7	28.8	32.4	25.1	155.3	52	53	19.6	20.6	52.5	20.1
8	29.0	32.6	25.5	265.2	59	56	26.4	23.4	57.5	24.9
9	28.3	31.9	24.8	227.4	59	62	27.1	30.1	60.5	28.6
10	26.8	30.2	23.4	157.0	62	61	31.8	30.8	61.5	31.3
11	23.8	27.4	20.1	88.6	58	56	30.6	28.6	57.0	29.6
12	23.6	27.0	20.1	95.0	53	54	26.0	27.0	53.5	26.5
平均	25.6	29.3	21.9	143.6	55.2	55.2	25.9	25.9	55.2	25.9
合計				1722.7						

表 48 アリゾナ(フェニックス)の月平均気温・降水量(2012 年 3 月から 2017 年 2 月)と BPT(1989、1990 年)

月	月平均気温 (°C)	平均最高気温 (°C)	平均最低気温 (°C)	平均降水量 (mm)	BPT(1989年) (°C)	BPT(1990年) (°C)	BPT(1989 年) - 平均最 高気温(°C)	BPT(1990 年) - 平均最 高気温(°C)	平均BPT(°C)	平均BPT - 平 均最高気温 (°C)
1	13.6	19.7	7.6	23.6	44	47	24.3	27.3	45.5	25.8
2	17.2	23.8	10.6	8.0	50	48	26.2	24.2	49.0	25.2
3	20.7	27.8	13.4	12.2	56	54	28.2	26.2	55.0	27.2
4	23.7	30.6	16.7	4.4	63	60	32.4	29.4	61.5	30.9
5	27.8	34.6	21.0	6.4	61	63	26.4	28.4	62.0	27.4
6	34.5	41.6	27.4	1.4	66	72	24.4	30.4	69.0	27.4
7	35.3	41.2	29.4	24.8	73	72	31.8	30.8	72.5	31.3
8	34.5	40.4	28.5	28.2	70	68	29.6	27.6	69.0	28.6
9	31.4	37.3	25.5	39.2	70	67	32.7	29.7	68.5	31.2
10	26.0	32.6	19.3	5.2	62	64	29.4	31.4	63.0	30.4
11	18.9	25.4	12.5	17.2	55	55	29.6	29.6	55.0	29.6
12	13.6	19.5	7.8	16.8	49	43	29.5	23.5	46.0	26.5
平均	24.8	31.2	18.3	15.6	59.9	59.4	28.7	28.2	59.7	28.4
合計				187.4						

図 120 にフロリダ(マイアミ)の月平均気温・月平均最高気温・月平均最低気温・2 年間の月平均 BPT を、図 121 にアリゾナ(フェニックス)の月平均気温・月平均最高気温・月平均最低気温・2 年間の月平均 BPT を図示した。平均 BPT(温度)と平均最高温度との差は年間平均では、フロリダ(マイアミ)で約 26℃、アリゾナ(フェニックス)で約 28.5℃と太陽の輻射熱を受けて高くなっていることがわかる。熱帯モンスーン気候のマイアミは、月平均気温の変化は 1 年を通じて 10℃以内であるが、フェニックスは砂漠気候のため雨が少なく、夏冬で月平均気温の差が 20℃以上異なる。また、マイアミの平均 BPT と平均最高気温の差は、冬場は大きく夏場は小さくなっているが、アリゾナは 1 年を通じて差の変動が少ない。

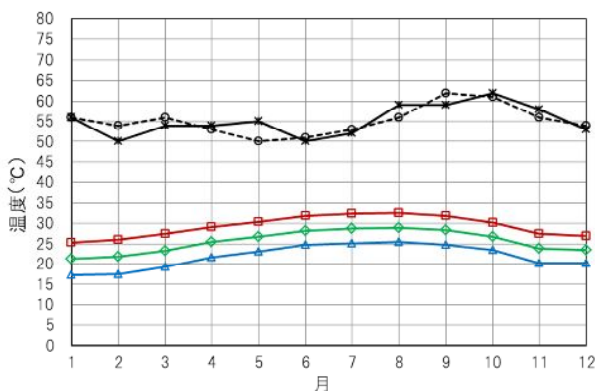


図 120 フロリダ(マイアミ)の月平均気温・月平均最高気温・月平均最低気温と 2 年間の月平均 BPT

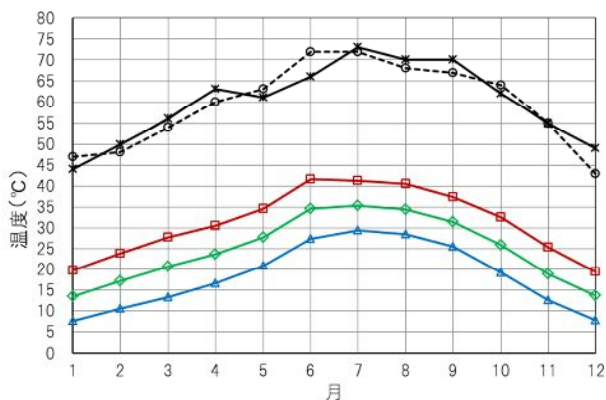


図 121 アリゾナ(フェニックス)の月平均気温・月平均最高気温・月平均最低気温と 2 年間の月平均 BPT

平均 BPT と、平均 BPT と平均最高気温の差の関係をみると、フロリダ・アリゾナとも平均 BPT が高くなるにしたがって、平均 BPT-平均最高温度との差は大きくなり 30℃以上になることもある。逆に、平均 BPT が低くなると、平均 BPT-平均最高温度との差は小さくなる傾向がある。2 地点の平均 BPT と、平均 BPT と平均最高気温の差のグラフを図 122、図 123 に示す。

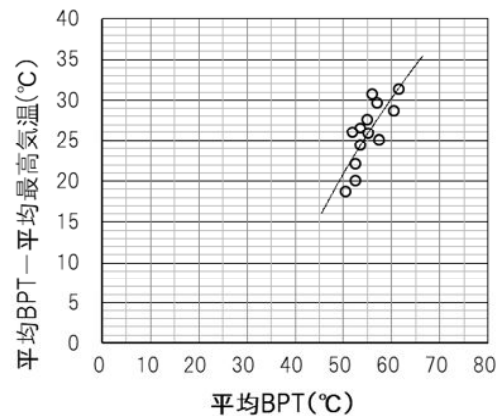


図 122 フロリダ (マイアミ)の平均 BPT(1989、1990 年)と平均 BPT と平均最高気温(2012 年 3 月から 2017 年 2 月)の差

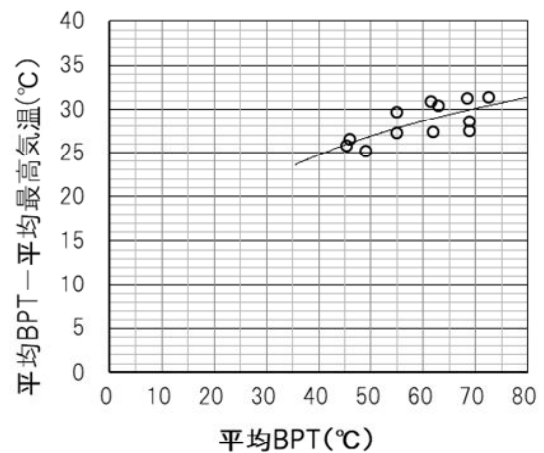


図 123 アリゾナ(フェニックス)の平均 BPT(1989、1990 年)と平均 BPT と平均最高気温(2012 年 3 月から 2017 年 2 月)の差

(2) 日本(東京)の実測例(BPT、BST、気温)

BPT 及び BST を秋晴れの穏やかな日に 35°の暴露台に並べて配置し、30 分毎に BPT、BST の温度を記録した。同時に外気温湿度、風速も測定した。測定結果を、表 49 に示す。一日の変化を図 124 に示す。

表 49 屋外暴露試験時の測定結果

測定時刻	BPT(℃)	BST(℃)	外気温度(℃)	外気湿度(%rh)	風向/風速(m/s)
9:30	35.0	36.0	25	40	NW/0.6
10:00	33.8	37.0	24	40	NW/0.7
10:30	37.7	36.0	26	30	E/0.6
11:00	38.5	40.0	27	25	E/1.0
11:30	40.3	40.8	30	20	NW/0.4
12:00	40.3	39.8	29	20	NE/1.4
13:00	34.8	37.4	28	18	N/0.9
13:30	38.0	37.6	28	20	NE/0.9
14:00	34.2	35.8	26	18	E/0.5
14:30	29.0	31.8	24	20	E/0.8
15:00	24.8	30.8	22	24	NW/0.9
15:30	20.0	22.4	18	25	NW/0.6
16:00	—	14.8	14	32	E/1.2
16:30	—	12.0	12	40	E/1.5
17:00	—	10.4	11	45	E/0.5

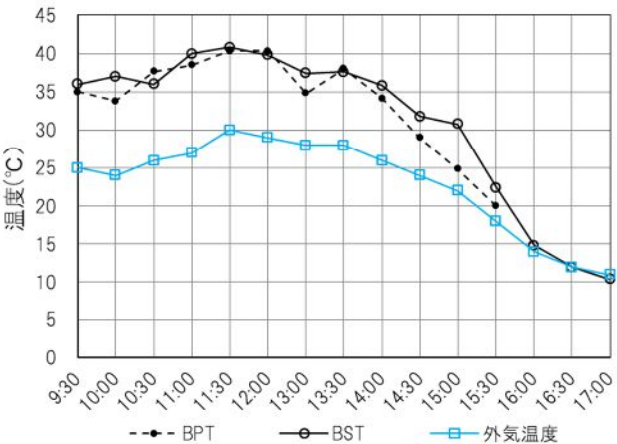


図 124 屋外暴露試験時の測定結果(11 月 6 日)

11 月の初めとはいえ、BPT・BST とともに太陽からの輻射熱を受ける日中は外気温度より約 10℃ 高めになる。BPT、BST の表面を流れる風速の影響もあるが、BST の指示温度は、BPT より若干高くなる。BPT は、太陽の輻射熱を直接受けるので外気温度、輻射熱の変化に瞬時に応答するが、BST は蓄熱された温度を測定しているので太陽からの輻射熱が小さくなってきても蓄熱された熱により温度の下がり方が緩やかに変動する傾向がある。フロリダ(マイアミ)、アリゾナ(フェニックス)と比較して、外気温度との差が小さくなっているが、観測地点での太陽からの放射エネルギーが小さいため、BPT、BST の温度が低いと思われる、マイアミの結果と比較すると、BPT が低いと BPT－外気温度 が小さくなる傾向に近似している。

(3) 促進耐候性試験機での結果

(3-1) サンシャインウェザーメーター S300 型での結果

BPT6 本、BST3 本を準備し、試験温度の条件を変えて測定した結果を表 50 に示す。測定値はその平均を用いた。

表 50 サンシャインウェザーメーター S300 型での測定結果

測定機器	試験温度条件		
	BPT 55℃	BPT 65℃	BPT 89℃
BPT	55.1	64.6	87.1
BST	55.2	63.2	85.4
BST－BPT	0.1	－1.4	－1.7

サンシャインウェザーメーターでは、光源のサンシャインカーボンアークの放電電圧電流が一定なので、光源の輻射熱は一定になる。BPT の温度設定は、「光源からの輻射熱＋試験槽内温度」で決定されるので、試験槽内温度によって BPT と BST の温度は決められる。そのため、光源からの輻射熱が一定のため、BPT と BST の指示温度の差は試験温度条件を変えてもほぼ一定である。

(3-2) キセノンウェザーメーター X75 型での結果

キセノンウェザーメーター X75 型で、試料面紫外外部放射照度 60W/m² で試験温度の条件を変えて測定を行った結果を表 51 に示す。

表 51 キセノンウェザーメーター X75 型での測定結果

測定器	試験温度条件			
	槽内温度 30℃	BPT63℃	BPT70℃	BPT89℃
BPT	61.4	62.6	68.9	88.2
BST	68.9	70.5	76.9	96.1
BST－BPT	7.5	7.9	8.0	7.9

キセノンアークランプからの輻射熱の影響は試験槽内温度に比べ低く、一定なので、サンシャインカーボンアークを光源とすると同様に、BPT と BST の温度差は試験温度条件を変えてもほぼ一定である。

(3-3-1) スーパーキセノンウェザーメーター SX75 型での結果

スーパーキセノンウェザーメーターは、試料面の放射照度を設定し、促進耐候性試験を加速する試験機である。試験槽内温度を 30℃ に一定に制御した状態で、試料面放射照度(放電電力)を変えて、BPT・BST・試験槽内温度を測定した結果を表 52 に示す。

表 52 スーパーキセノンウェザーメーター SX75 型での測定

結果

紫外放射照度 (W/m ²)	BPT(°C)	BST(°C)	ΔT(°C)	槽内温度 (°C)	放電電力 (kW)
106	50.0	58.2	8.2	30	4
142	56.5	67.2	10.7	30	5
180	63.5	76.0	12.5	30	6

放電電力を上げていくと、試験槽内温度は一定であるが光源からの放射熱は大きくなり、それに伴い BPT と BST の温度指示値は上昇し、BPT に対して BST の指示値は蓄熱による温度上昇が大きくなりその差は大きくなる。

(3-3-2) スーパーキセノンウェザーメーター SX75 型での測定結果

同様に、スーパーキセノンウェザーメーター SX75 型を用いて試験槽内温度を 50°C 50%rh 一定に制御した時の BPT と BST の比較を行った。フィルタは、インナー：石英/アウター：#275 を使用し、30 分間試験機を安定させ、10 回連続測定しその平均値を測定値とした。設置場所温湿度は 27°C 47%rh であった。表 53 に放射照度を変化させた時の結果を示す。放射照度に対する BPT・BST・BST-BPT を図 125 に示す。表 52、表 53 の放射照度と BPT・BST の関係をまとめると図 125 のようになる。

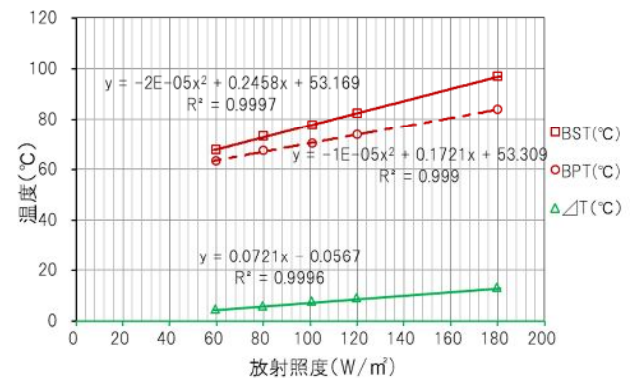


図 125 紫外放射照度の違いによる BPT・BST の測定結果

試験槽温度ごとの BPT と BST の温度指示は、放射照度が増加するとほぼ平行に変化している。BPT・BST の差と放射照度の関係を試験槽内温度の違いを含めて図 126 に示す。試験槽内温度を変えても、放射照度と BPT・BST の温度差と紫外放射照度は相関が極めて高いということから、BPT・BST の温度の温度差は光源からの放射熱が関係していることがわかる。

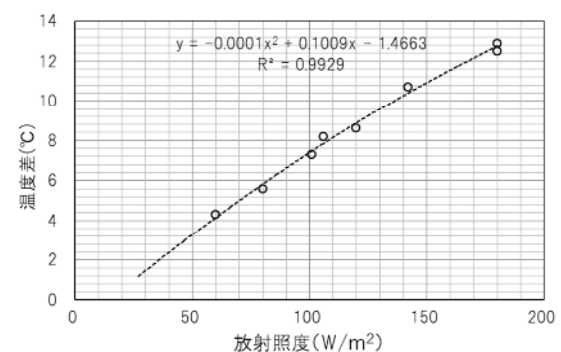


図 126 紫外放射照度と BPT・BST の差

表 53 スーパーキセノンウェザーメーター SX75 型での測定結果

紫外放射照度 (W/m ²)	BPT(°C)	BST(°C)	ΔT(°C)	槽内温度 (°C)	放電電力 (kW)	放電電圧 (V)	放電電流 (A)
60	63.4	67.7	4.3	50	3.04	160	19
80	67.4	73.0	5.6	50	3.57	170	21
101	70.4	77.7	7.3	50	4.25	177	24
120	73.7	82.3	8.6	50	4.78	184	26
180	83.9	96.8	12.9	50	5.84	188	31

【参考文献】

- (1) 気象庁・世界の天候データツール
- (2) スガ試験機(株)テクニカルニュース No.181
- (3) ASTM STP 1202 Surface Temperatures of Materials in Exterior Exposures and Artificial Accelerated Tests(Richard M.Fischer and Waeen D.Ketola)