

促進耐候(光)性試験の歴史と発展(25)

前号より続く

須賀茂雄
木村哲也

5.4 ブラックパネル温度計とブラックスタンダード温度計

自然界では太陽の光に当たると、その中に含まれる紫外線が本稿No.212 (2)に記したようにものの劣化に特に大きな影響を与える。同じように、物質がその性質を変える時、温度の影響は大きい。周囲温度が高いと一般にその性質変化は進む、試料温度が高くて同様である。物質の温度は、そのものの材質、加工方法、その使用条件等により様ではない。実際の試料表面温度がどの位の温度なのか、試料内部の温度がどの位の温度かはものの劣化には非常に興味深い問題である。

促進耐候性試験や屋外暴露試験では試料の置かれる周囲温度と共に試料の表面温度を代表するものとして、ブラックパネル温度計・ブラックスタンダード温度計が温度の基準として用いられる。この成り立ちについては後述するとして、その概要を下記に記す。促進耐候性試験機の試験条件で試料温度の代表としてブラックパネル温度を規定している規格(JIS、ISO、ASTM、SAE等)は多い。ブラックパネル温度計は試験試料の表面温度を代表する温度で、図89にその構造の一例を示す。

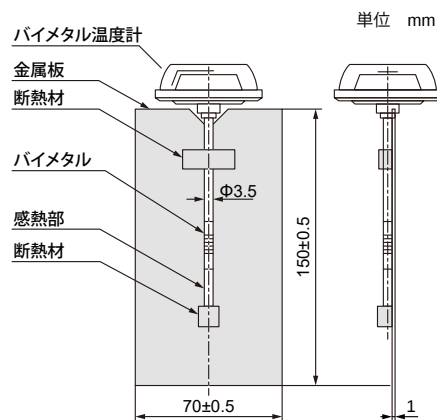


図89 ブラックパネル 温度計の構造

各規格とも大きさ、材質は同じで、70×150×1.0(厚み)mmのステンレスの板に内部にバイメタルの温度検出器を挿入したステンレスパイプを密着して取り付け、パイプ上部にバイメタルの回転に伴う温度目盛り板が取り付けられている構造が基本になっている。温度検出器を取

り付けたステンレス板の片面は耐候性の強い黒色ペイントで塗装されており、その表面反射率は一般的に吸収率が90～95%〈反射率が5～10%以下〉と規定されている。促進耐候(光)性試験機に初期から用いられている図89に示したバイメタル式温度計は、前号で示したようにコイル状に巻いたバイメタルが温度変化によりコイル上部に取り付けた温度目盛り板の指針を回転させ温度を指示する簡単な構造で、単体で手軽にどこにでも取り付けて温度測定が可能なので、促進耐候(光)性試験機以外の分野でも広く用いられている。また、バイメタルの代わりに、温度検出器として、測温抵抗体・熱電対・サーミスタ等を用い、温度計測回路を組み込みその出力を増幅、デジタル表示するとともに、その出力を用いて試験槽の温度制御するものも多く応用されている。その一例を図90に示す。

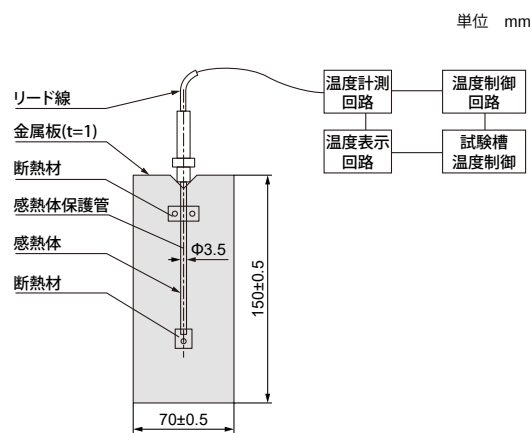


図90 ブラックパネル 温度調節器の構造と一例とその系統図

また、最近では、ブラックパネル温度計(BPT)とともに、ブラックスタンダード温度計(BST)が使用されてきている。その構造を図91に示す。70×40×0.5(厚み)mmのステンレスの板をBPTと同じように表面を黒色塗装し、更にステンレス板の縁より4mm以上大きいポリフッ化ビニル樹脂板(肉厚5mm)の板に貼り、表面パネルとポリフッ化ビニル樹脂板の間に空隙を設け、その内部に温度検出器を挿入した構造をしている。自動車や建物などのように表面材料の下に樹脂板や断熱板を張り付ける構造物に合わせて、ブラックパネル測温体の裏面を遮蔽・蓄

熱させる構造で外部へ逃げる熱が少ないため、光を浴びた時はブラックパネル温度計に比べ、ブラックスタンダード温度計の方が一般的に高い温度を示す。代表的な規格を表31に示すが、規格によりブラックパネル温度計・ブラックスタンダード温度計の使い分けが示されている。試験に当たっては、対象物の実際の使用環境に合わせて用いるのが望ましい。

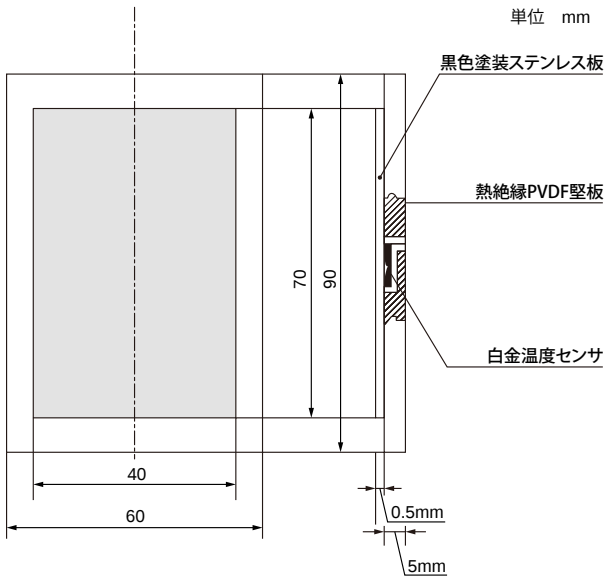


図91 ブラックスタンダード温度計の構造

表31 ブラックパネル温度計・ブラックスタンダード温度計の代表的規格

規格	
・ ISO 4892-1 : Plastics — Method of exposure to laboratory light sources Part 1	BPT
・ JIS K 7350-1 : プラスチック実験室光源による暴露試験方法第一部：通則 第2部 キセノンアーク光源、第3部 紫外線蛍光灯ランプ、第4部 オープンフレームカーボンアークランプ	BST
・ ISO 16474-2 : Paints and Vernishes-Artificial weathering and exposure to artificial radiation - Exposure to filtered xenon-arc radiation	BPT
・ JIS K 5600-7-7 : 塗料一般試験方法 - 塗膜の長期耐久性 - 第7節：促進耐候性及び促進耐光性（キセノンランプ法）	BST
・ ISO 11728 : Anodized aluminium and aluminium alloys	BST
・ ISO 11758 : Rubber and Plastics hoses - exposure to a xenon arc lamp - Determination of changes in color and appearance	BST
・ ASTM G 151 : Standard Practice for exposure Nonmaterials in Accelerated Test Devices that use Laboratory Light Sources	BPT
・ JIS B 7751 : 紫外線カーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機	BPT
・ JIS B 7753 : サンシャインカーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機	BPT BST
・ JIS B 7754 : キセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機	BPT (A型) BST (B型)
・ JIS L 0842 : 紫外線カーボンアーク光に対する染色堅牢度試験方法	BPT BST
・ JIS L 0843 : キセノンアーク光に対する染色堅牢度試験方法	BPT BST

5.4.1 カラーパネルの表面温度

表面の色(吸収率・反射率)により、ものの温度は変化する。屋外に置かれている自動車が太陽光を浴びた時、色の違いで温度が異なるのは日常よく経験することである。太陽のエネルギーをよく吸収するもの、特に黒いものの温度は手で触れないくらいに高い温度になる。

ブラックパネル温度計と同構造で表面の塗装の色の異なるカラーパネル温度計を作製し、各色で温度がどのようになるかを測定した。

5.4.1.1 屋外暴露・ダイレクト

塗装色としては、①白、②黒、③緑みの白、④赤みの白、⑤青、⑥緑、⑦黄、⑧赤の8色を準備し、同じように測温体を取り付け、写真18のように新宿・スガ試験機(株)屋上の傾斜角度45°の屋外暴露台に等間隔で並べ、夏の晴れた日を選び、総計14日間昼夜1分間隔で連続測定を行った。この時用いたカラーパネルの分光反射率(8°入射/d受光)を図92に示す。また各々の測色結果XYZとマンセル変換値(色相・明度・彩度)を表32に示す。

カラーパネルの表面温度と暴露台近傍の外気温度を1分間隔で記録し、図93及び94に示す。



写真18 屋外でのカラーパネル温度計の測定写真

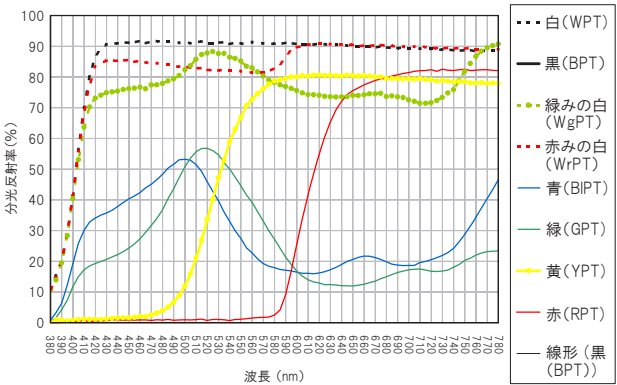


図92 カラーパネルの分光反射率

表 32 カラーパネルの測色値とマンセル変換値

	白(WPT)	黒(BPT)	緑みの白(W _g PT)	赤みの白(W _r PT)	青(BPT)	緑(GPT)	黄(YPT)	赤(RPT)
X	88.88	0.01	75.70	84.52	23.30	23.76	60.33	21.19
Y	90.96	0.01	81.37	84.05	28.85	36.72	59.80	10.32
Z	106.94	0.06	90.12	99.73	48.86	32.84	3.68	0.99
Hue(色相)	3.00G	1.66PB	3.90G	4.57RP	3.35B	6.28G	3.18Y	8.13R
Value(明度)	9.64	0.01	9.22	9.34	5.96	6.61	8.12	3.78
Chroma(彩度)	0.08	2.91	1.20	1.46	6.04	8.88	15.34	16.77

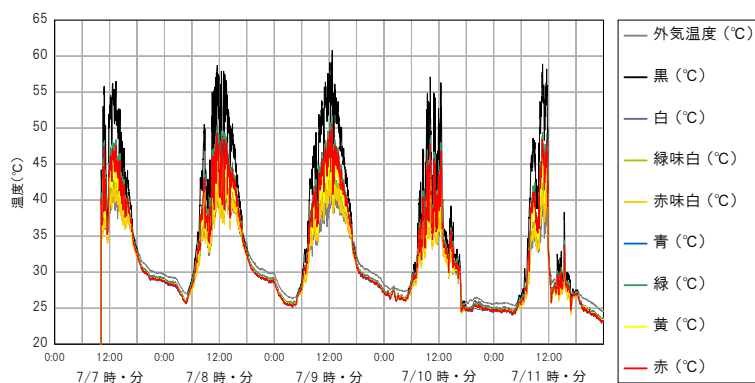


図 93 カラーパネルの屋外表面温度記録 (7/7 ~ 11)

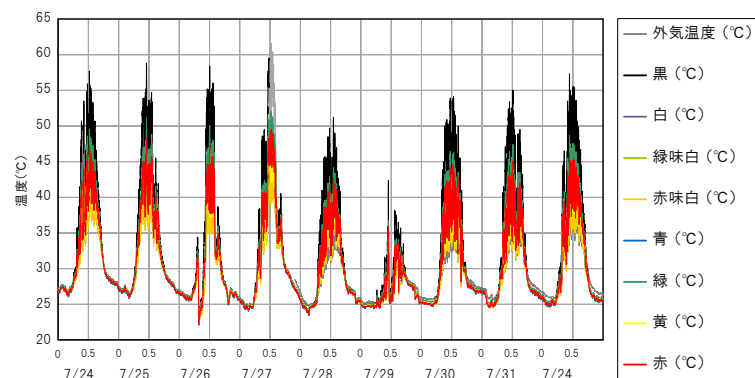


図 94 カラーパネルの屋外表面温度記録 (7/24 ~ 8/1)

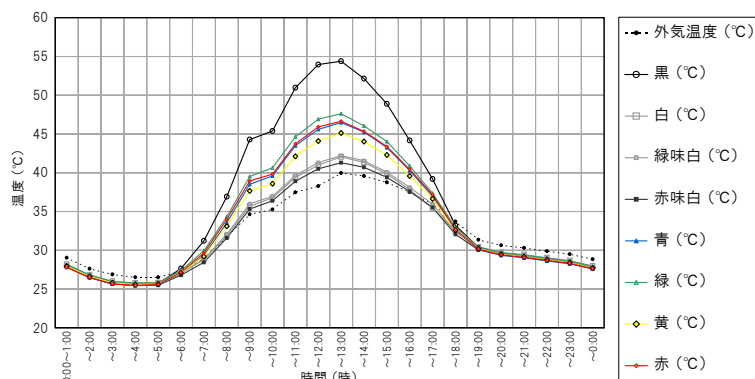


図 95 カラーパネルの1時間毎の平均表面温度と屋外温度

天候が悪い日を除けば、各カラーパネルの表面温度は正午前後に最高温度を示している。代表的な日として7月9日の各カラーパネルの表面温度・パネル周辺の外気温度および太陽の放射照度の紫外・可視・赤外部の変化を1時間毎に平均し、表33にまとめた。図95は、カラーパネルの表面温度と屋外温度の1時間毎の平均値の変化である。太陽が昇り始めると、太陽の放射照度が増し、各カラーパネルの表面温度も上昇する。太陽の放射照度が11:00~12:00に最大に達するが、太陽からの熱が地上全体を温めるのに時間遅れを生じているため12:00~13:00に表面温度は最大になる。太陽が昇り始めると各色のカラーパネルの温度は上がり始める。黒のカラーパネルの温度が最も高く、白のカラーパネルの温度まで日中はその順位は変わらず、外気温度より高い温度を示す。やがて、日が暮れて、太陽が沈むと、カラーパネル温度も下がり、外気温度をわずかに下回っている。夜間カラーパネルの表面温度が外気温度より低いのは、パネルの表面から大気中へ熱がわずかに放射しているためと思われる。表34はカラーパネルの表面温度と外気温度の差・外気温度および太陽の紫外・可視・赤外部の放射照度の変化を1時間毎に平均した結果を示す。

図96に、その変化と紫外部の放射照度の変化を示す。表面色の違いにより、光を浴びた時どの位の違いを生じるのかを紫外部の放射照度と代表的な黒・白の2色について表35に示し、図97に示す。照射される光の量が多いほど黒と白の温度差が大きくなっていることが分かる。周囲の環境要素にもよるが、太陽からの放射量が多くなるに従ってカラーパネル黒・白の温度も外気温より高くなり、カラーパネル黒の場合15℃以上も高くなることもあるが、白の場合は外気温より若干高くなるだけである。

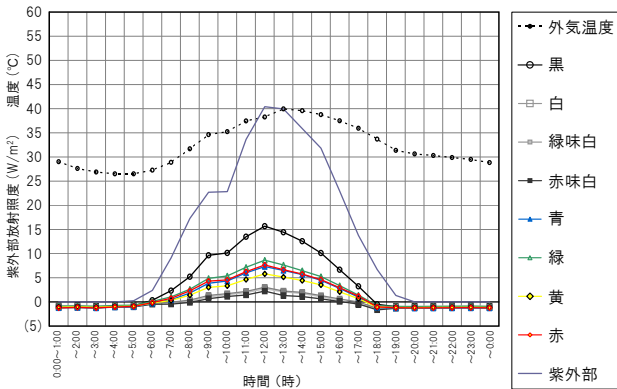


図 96 カラーパネルの表面温度と外気温との差と外気温・紫外部放射照度の1時間ごとの変化

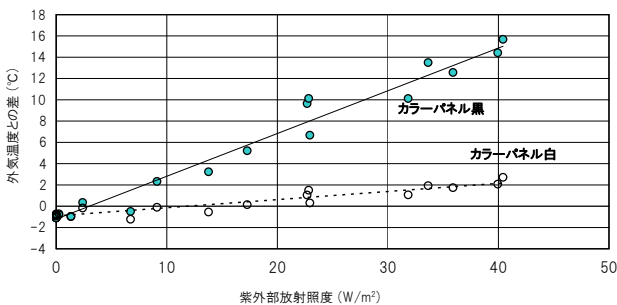


図 97 カラーパネル黒・白の表面温度と紫外部放射照度の1時間ごとの変化

表 33 カラーパネルの表面温度・放射照度の1時間毎の変化

測定日 7月9日	時間平均 (℃、%rh)		カラーパネルの表面温度時間平均 (℃)								時間平均放射照度 (W/m ²)			時間放射露光量 (MJ/m ² /h)		
時刻	外気温	外気 湿度	黒	白	緑みの白	赤みの白	青	緑	黄	赤	紫外部	可視部	赤外部	紫外部	可視部	赤外部
0:00～1:00	29.0	72.8	28.0	28.2	28.1	27.9	27.8	28.2	27.9	27.8	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 2:00	27.6	78.4	26.6	26.8	26.7	26.5	26.5	26.8	26.6	26.5	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 3:00	26.9	80.7	25.8	26.0	25.9	25.7	25.6	26.0	25.8	25.7	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 4:00	26.5	81.9	25.6	25.8	25.7	25.5	25.4	25.8	25.6	25.5	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 5:00	26.5	82.5	25.7	25.8	25.7	25.5	25.5	25.8	25.6	25.6	0.3	1.4	0.3	0.001	0.005	0.001
～ 6:00	27.3	78.8	27.6	27.1	27.0	26.8	27.0	27.4	27.1	27.2	2.4	14.4	8.3	0.009	0.052	0.030
～ 7:00	28.9	71.9	31.2	28.8	28.8	28.4	29.3	29.9	29.2	29.6	9.1	73.1	54.4	0.033	0.263	0.196
～ 8:00	31.7	60.9	36.9	31.9	32.1	31.6	33.5	34.3	33.1	34.0	17.3	143.9	110.0	0.062	0.518	0.396
～ 9:00	34.6	51.5	44.3	35.7	36.0	35.3	38.5	39.5	37.6	38.9	22.7	195.3	168.3	0.082	0.703	0.606
～ 10:00	35.3	50.5	45.4	36.8	37.0	36.4	39.6	40.6	38.6	39.8	22.8	210.6	203.1	0.082	0.758	0.731
～ 11:00	37.5	44.2	51.0	39.4	39.6	38.9	43.5	44.6	42.1	43.7	33.6	292.5	295.8	0.121	1.053	1.065
～ 12:00	38.3	42.1	54.0	41.0	41.3	40.5	45.6	46.9	44.1	45.9	40.4	337.2	347.2	0.146	1.214	1.250
～ 13:00	40.0	37.1	54.4	42.0	42.2	41.3	46.5	47.6	45.1	46.6	39.9	315.0	307.5	0.144	1.134	1.107
～ 14:00	39.6	37.8	52.1	41.3	41.6	40.7	45.2	46.0	44.0	45.3	35.9	286.3	259.6	0.129	1.031	0.935
～ 15:00	38.8	39.9	48.9	39.8	40.1	39.4	43.2	44.0	42.3	43.4	31.8	257.5	211.7	0.115	0.927	0.762
～ 16:00	37.5	43.7	44.2	37.8	38.1	37.6	40.3	40.9	39.6	40.4	22.9	189.2	136.7	0.083	0.681	0.492
～ 17:00	35.9	48.6	39.2	35.4	35.9	35.5	36.9	37.3	36.6	37.2	13.8	116.7	80.0	0.050	0.420	0.288
～ 18:00	33.7	55.5	33.2	32.5	32.4	32.1	32.6	32.9	32.6	32.7	6.7	53.1	35.6	0.024	0.191	0.128
～ 19:00	31.4	64.5	30.4	30.4	30.3	30.0	30.1	30.4	30.2	30.2	1.3	4.4	1.1	0.005	0.016	0.004
～ 20:00	30.6	65.1	29.5	29.7	29.6	29.4	29.3	29.7	29.5	29.4	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 21:00	30.3	65.5	29.2	29.4	29.3	29.1	29.0	29.4	29.2	29.1	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 22:00	29.9	67.0	28.8	29.0	28.9	28.7	28.6	29.0	28.8	28.7	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 23:00	29.5	68.4	28.4	28.7	28.5	28.3	28.2	28.6	28.4	28.3	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
～ 0:00	28.8	68.4	27.8	28.0	27.8	27.6	27.6	27.9	27.7	27.6	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000

表 34 カラーパネルの表面温度と外気温との差と外気温の一時間ごとの変化

測定日 7月9日	時間平均 (℃、%rh)		カラーパネルの表面温度と外気温との差の時間平均 (℃)								時間平均放射照度 (W/m ²)			時間放射露光量 (MJ/m ² /h)		
時刻	外気 温度	外気 湿度	黒	白	緑みの白	赤みの白	青	緑	黄	赤	紫外部	可視部	赤外部	紫外部	可視部	赤外部
0:00 ~ 1:00	29.0	72.8	-1.1	-0.8	-1.0	-1.2	-1.2	-0.9	-1.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 2:00	27.6	78.4	-1.0	-0.8	-0.9	-1.1	-1.2	-0.8	-1.0	-1.1	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 3:00	26.9	80.7	-1.1	-0.9	-1.0	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 4:00	26.5	81.9	-0.9	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-0.7	-0.9	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 5:00	26.5	82.5	-0.8	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0	-0.7	-0.9	-0.9	0.3	1.4	0.3	0.001	0.005	0.001
~ 6:00	27.3	78.8	0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.3	0.1	-0.2	-0.1	2.4	14.4	8.3	0.009	0.052	0.030
~ 7:00	28.9	71.9	2.3	-0.1	-0.1	-0.5	0.4	1.0	0.3	0.7	9.1	73.1	54.4	0.033	0.263	0.196
~ 8:00	31.7	60.9	5.2	0.1	0.4	-0.1	1.8	2.6	1.4	2.3	17.3	143.9	110.0	0.062	0.518	0.396
~ 9:00	34.6	51.5	9.6	1.1	1.3	0.7	3.9	4.9	3.0	4.3	22.7	195.3	168.3	0.082	0.703	0.606
~ 10:00	35.3	50.5	10.1	1.5	1.7	1.1	4.3	5.4	3.3	4.6	22.8	210.6	203.1	0.082	0.758	0.731
~ 11:00	37.5	44.2	13.5	1.9	2.2	1.4	6.0	7.2	4.6	6.3	33.6	292.5	295.8	0.121	1.053	1.065
~ 12:00	38.3	42.1	15.7	2.7	3.0	2.2	7.3	8.6	5.8	7.6	40.4	337.2	347.2	0.146	1.214	1.250
~ 13:00	40.0	37.1	14.4	2.1	2.2	1.3	6.5	7.6	5.2	6.7	39.9	315.0	307.5	0.144	1.134	1.107
~ 14:00	39.6	37.8	12.6	1.7	2.0	1.1	5.7	6.5	4.4	5.8	35.9	286.3	259.6	0.129	1.031	0.935
~ 15:00	38.8	39.9	10.1	1.1	1.3	0.6	4.5	5.2	3.5	4.6	31.8	257.5	211.7	0.115	0.927	0.762
~ 16:00	37.5	43.7	6.7	0.3	0.6	0.1	2.8	3.4	2.1	2.9	22.9	189.2	136.7	0.083	0.681	0.492
~ 17:00	35.9	48.6	3.2	-0.5	0.0	-0.4	1.0	1.4	0.7	1.2	13.8	116.7	80.0	0.050	0.420	0.288
~ 18:00	33.7	55.5	-0.5	-1.2	-1.3	-1.7	-1.1	-0.8	-1.1	-1.0	6.7	53.1	35.6	0.024	0.191	0.128
~ 19:00	31.4	64.5	-1.0	-1.0	-1.1	-1.3	-1.3	-0.9	-1.2	-1.2	1.3	4.4	1.1	0.005	0.016	0.004
~ 20:00	30.6	65.1	-1.1	-0.9	-1.0	-1.2	-1.3	-1.0	-1.2	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 21:00	30.3	65.5	-1.1	-0.9	-1.0	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 22:00	29.9	67.0	-1.1	-0.8	-1.0	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 23:00	29.5	68.4	-1.1	-0.8	-1.0	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
~ 0:00	28.8	68.4	-1.1	-0.9	-1.0	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000

表 35 カラーパネル黒・白の表面温度と紫外放射照度の1時間ごとの変化

時刻	外気温	時間平均放射照度 (W/m ²)	カラーパネルの表面温度と外気温との 差の時間平均 (℃)	
		紫外部	黒	白
0:00 ~ 1:00	29.0	0.0	-1.1	-0.8
~ 2:00	27.6	0.0	-1.0	-0.8
~ 3:00	26.9	0.0	-1.1	-0.9
~ 4:00	26.5	0.0	-0.9	-0.7
~ 5:00	26.5	0.3	-0.8	-0.7
~ 6:00	27.3	2.4	0.3	-0.2
~ 7:00	28.9	9.1	2.3	-0.1
~ 8:00	31.7	17.3	5.2	0.1
~ 9:00	34.6	22.7	9.6	1.1
~ 10:00	35.3	22.8	10.1	1.5
~ 11:00	37.5	33.6	13.5	1.9
~ 12:00	38.3	40.4	15.7	2.7
~ 13:00	40.0	39.9	14.4	2.1
~ 14:00	39.6	35.9	12.6	1.7
~ 15:00	38.8	31.8	10.1	1.1
~ 16:00	37.5	22.9	6.7	0.3
~ 17:00	35.9	13.8	3.2	-0.5
~ 18:00	33.7	6.7	-0.5	-1.2
~ 19:00	31.4	1.3	-1.0	-1.0
~ 20:00	30.6	0.0	-1.1	-0.9
~ 21:00	30.3	0.0	-1.1	-0.9
~ 22:00	29.9	0.0	-1.1	-0.8
~ 23:00	29.5	0.0	-1.1	-0.8
~ 0:00	28.8	0.0	-1.1	-0.9

【参考文献】

- (1) ISO 4892-1:Plastics—Method of exposure to laboratory light sources
Part 1
- (2) JIS K 7350-1:プラスチック実験室光源による暴露試験方法
第1部:通則
第2部:キセノンアーク光源
第3部:紫外線蛍光灯ランプ
第4部:オープンフレームカーボンアークランプ
- (3) ISO 16474-2: Paints and Vernishes—Artificial weathering and exposure to artificial radiation – Exposure to filtered xenon-arc radiation
- (4) JIS K 5600-7-7:塗料一般試験方法-塗膜の長期耐久性-
第7節:促進耐候性及び促進耐光性(キセノンランプ法)
- (5) ISO 11728:Anodized aluminium and aluminium alloys
- (6) ISO 11758:Rubber and Plastics hoses – exposure to a xenon arc lamp –
Determination of changes in color and appearance
- (7) ASTM G 151:Standard Practice for exposure Nonmaterials in Accelerated
Test Devices that use Laboratory Light Sources
- (8) JIS B 7751:紫外線カーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機
- (9) JIS B 7753:サンシャインカーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機
- (10) JIS B 7754:キセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機
- (11) JIS L 0842:紫外線カーボンアーク光に対する染色堅牢度試験方法
- (12) JIS L 0843:キセノンアーク光に対する染色堅牢度試験方法
- (13) スガ試験機株式会社 スガテクニカルニュース No.212
- (14) (公財)スガウェアリング技術振興財団 講演要旨集 第39回・40回