

促進耐候(光)性試験の歴史と発展(26)

前号より続く

須賀茂雄
木村哲也

5.4.1.2 ブラックパネル温度 63°Cの根拠

戦後日本で促進耐候(光)性試験機の必要性が求められ、日本初の紫外線カーボンアーク灯式ウェザーメーターが完成したのは1952年(昭和27年)であった。

アメリカでは1918年(大正8年)のフェードメーターに始まり1939年にはサンシャインウェザーメーターが使用され始めていた。これに伴い、サンシャインカーボンアークがFederal TT-E4856に、紫外線カーボンアークがASTM-39Tに規定された。

試験温度の規定については、1949年規定のFederal Test Method Standard TTP141 6151 Accelerated Weathering (Open Arc Apparatus)、6152 Accelerated Weathering (Enclosed Arc apparatus) にブラックパネル温度として、 $145 \pm 5^{\circ}\text{F}$ ($62.8 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$)と規定されている。この数値の明確な根拠は示されていないが、大気温度の最高は世界各地の極値 50°C を除いて約 35°C で、温度は試験片が受ける輻射熱による温度と周囲空気温度を加えたものになる。輻射熱による温度上昇は、試験片の性質により異なるが、ブラックパネル温度が最も高い温度を示すので、促進耐候(光)性試験を行う場合の温度として、「 63°C 」という試験温度が決められたようである。Federal Test Method Standard はASTM(American Society for Testing Materials)規格に移行し、促進耐候(光)性試験関連のASTM規格ではブラックパネル温度を基準に試験を行うように規定されている。

上記、ブラックパネル温度 63°C の確認を米国・3M Company のフィシャー・R・M氏とケトラー・W・M氏は屋外暴露と人工促進法の物質の温度についてASTM STP 1202 に論文を発表している。

その概要は、「色のついた試料の表面温度は、試験条件により決められる」という点である。試料としてアルミニウム板(5052H33, 大きさ $70 \times 142 \times 0.7\text{mm}$ 、エッチング処理、スマット除去)にT型(銅-コンスタンタン)熱電対を 30mm 角のアルミニウムホイルテープを用いて貼り付け、表面色は黒、青、緑、赤、橙、黄、そして白を用いた。裏当てには合板を用いた。図98は、1991年6月23日ミネソ

タの屋外暴露時の裏当て付きのカラーパネルの温度測定結果である。温度の高い順位は、日中太陽が当たっている時は黒・青・緑・赤・橙・黄・白・外気温度の順でその順位は変わらない。

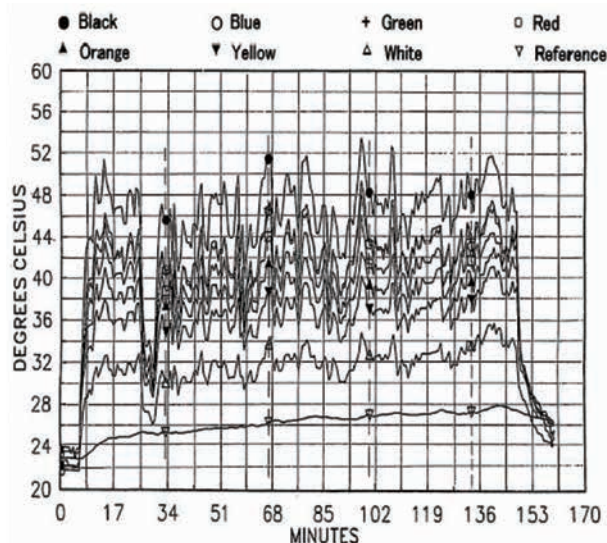


図98 カラーパネル表面温度の屋外測定結果

多くの実験データから、試料表面温度は下記の式のように周囲温度と輻射熱の合計になる。周囲温度は色に関係なく試料の温度に影響するが、輻射熱は試験片の太陽光の吸収率と表面伝導係数により変動するためカラーパネルの温度は異なる。

試料の材質(熱伝導係数)が同じならば、太陽光の吸収率により表面温度は変化する。

$$T_s = T_a + al/h$$

T_s = 試料の表面温度

T_a = 周囲温度

a = 太陽光の吸収率

l = 入射太陽光放射照度の合計

h = 表面伝導係数

図99はエポキシ樹脂で黒塗装したアルミニウム板製のブラックパネル温度計を 45° で暴露した時の最高値の年平均温度を示す。暖かい晴れた日の午前11時から午後3時までの最高温度の期間を採用した。

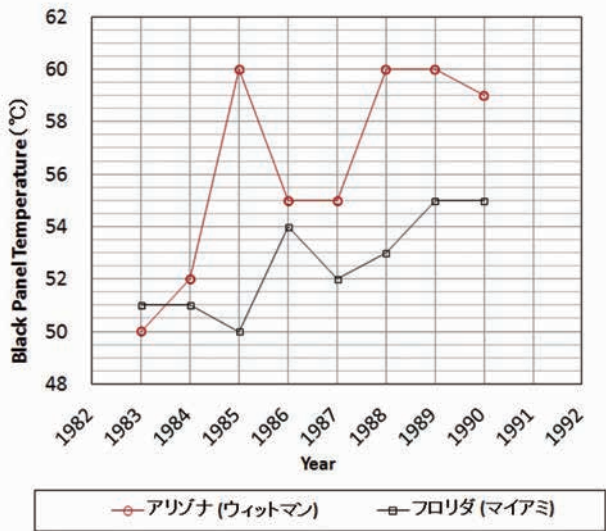


図 99 アリゾナ (ウィットマン) とフロリダ (マイアミ) のブラックパネル温度の最高値の年平均温度

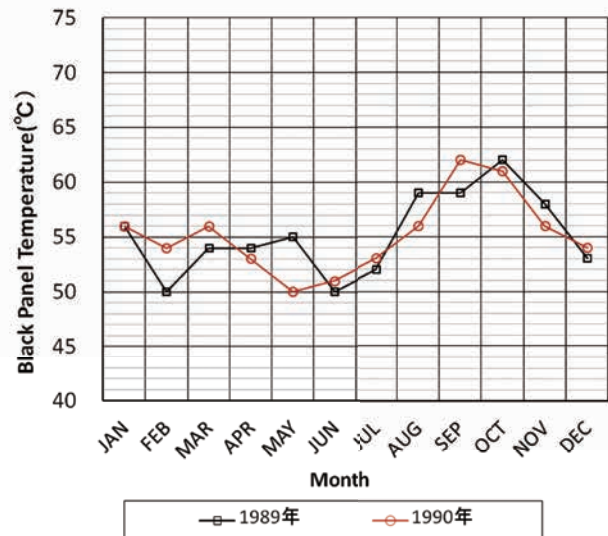


図 101 フロリダのブラックパネル温度の最高値の月平均温度

図100、図101にブラックパネル温度の最高値の月平均温度の図を示す。アリゾナ・フロリダとも比較的季節変動があるが、例年同じような平均温度を再現している。アリゾナは、夏期は暑く、マイアミに比べて冬期は涼しい。このグラフの値を、表36に示す。自動車用アクリルペイントの測定結果についてマイアミとミネソタ(ダルス)との比較を行った。その結果を表37に示す。

表 36 フロリダ・アリゾナのブラックパネル温度の最高値の月平均

月	アリゾナ 1989	アリゾナ 1990	フロリダ 1989	フロリダ 1990
1月	44	47	56	56
2月	50	48	50	54
3月	56	54	54	56
4月	63	60	54	53
5月	61	63	55	50
6月	66	72	50	51
7月	73	72	52	53
8月	70	68	59	56
9月	70	67	59	62
10月	62	64	62	61
11月	55	55	58	56
12月	49	43	53	54
平均	59.9	59.4	55.2	55.2

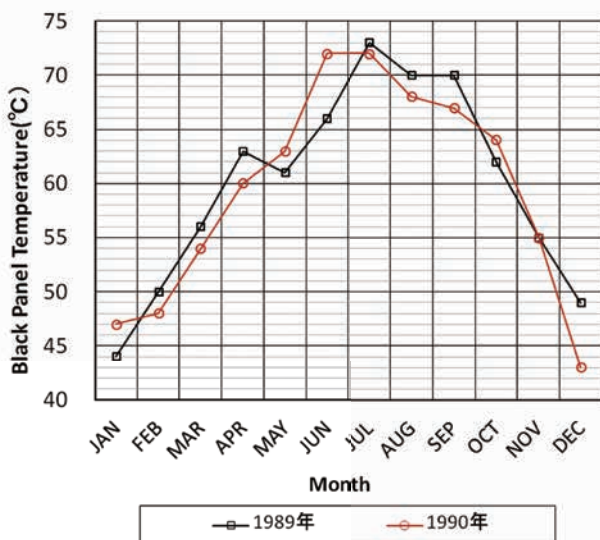


図 100 アリゾナのブラックパネル温度の最高値の月平均温度

表 37 短期間ミネソタ温度モデルに対するサウスフロリダテストサービス (SFTS) の長期間の黒と白 (自動車用アクリルペイント) の研究結果の比較

Exposure condition	Miami Black Panel ^a	Miami White Panel ^a	Minnesota Black Panel ^b
45° open	53°C	36°C	37.9°C
45° backed	65°C	42°C	42.4°C
5° open	57°C	38°C	39.0°C
5° backed	61°C	40°C	40.8°C

a : Average panel temperature determined from eight separate data collection periods during the one year study

b : Minnesota black panel temperature were selected to match the Miami black panel values.

Models from Minnesota 45° open and 30° backed exposures were then used to determine the corresponding Minnesota white panel temperature

図102は、実験した都市の位置図である。フロリダ・マイアミ(北緯約25.8°熱帯モンスーン気候)は特に夏は高温多雨で平均最高気温は30°C以上、平均気温でも30°C近くになり冬も温暖である。アリゾナ・ウィットマン(北緯約33.8°砂漠気候)は乾燥地帯に属するため夏は平均最高温度で40°Cを超え、平均気温でも30°Cを越えることがある。またミネソタ・ダルス(北緯46.8°亜寒帯湿潤気候)は寒冷な冬と短い夏で、夏場の平均気温は20°Cに達しない。気温とブラックパネル温度の関係を見ると、前述の $T_s = T_a + aI/h$ 中の T_a (周囲温度)が高いとブラックパネル温度も高くなっていることが分かる。

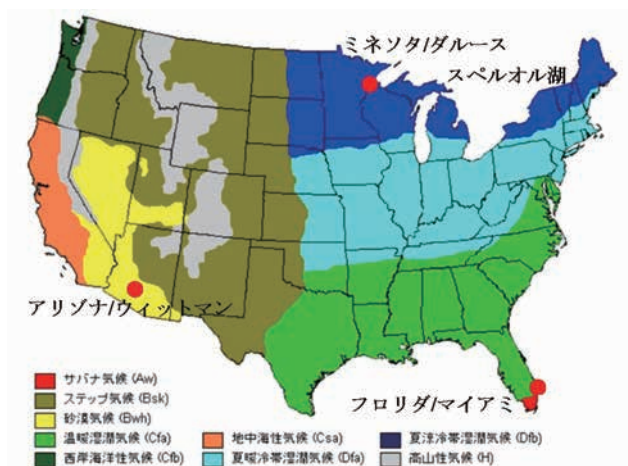


図 102 観測地点の位置と気候図

以上より、米国・3M Company のフィッシャー・R・M氏とケトラー・W・M氏は下記のように結論づけている。

- ① SFTSの自動車用塗装の45°裏当てなしのブラックパネル温度は、53°Cだった。それは図99-マイアミのBPTの最高温度の8年間の平均(52.6°C)と一致して同じであった。
- ② 45°裏当てなしのBPT 53°C、45°裏あて付きのBPT 65°Cは、BPTの条件の指標として選択された。
- ③ 加えて、45°の暴露角度は屋外暴露の研究には最も代表的である。
- ④ 屋外温度の指標としてマイアミのデータを使用することが正当であるとするこの研究において表現されているブラックパネルの温度は明らかに同一である。
- ⑤ ブラックとホワイトパネルの絶対的な温度差はマイアミ

とミネソタでほぼ同一である。

と結論づけている。

また日本ウエザリングテストセンターの宮古島試験場(北緯24.7°亜熱帯海洋性気候)でのブラックパネル温度の最高温度の平均(1999年~2002年)の測定結果も上記結果とほぼ等しいと日本ウエザリングセンター発行の促進暴露試験ハンドブックに記載されている。ちなみに銚子暴露場(北緯35.7°温帯湿潤気候)のブラックパネル温度の結果は約55°Cである。前号のスガ試験機(株)屋上(北緯35.7°温帯湿潤気候)でのBPTの温度観測結果を見ても、BPT温度は60°Cを越えることがあり、緯度が低く周囲温度が高い放射照度の強い地域においてはBPTの温度が63°Cを越えることは十分推測される。

【参考文献】

- (1) プラスチックの耐候および耐光試験
プラスチック 1955年6月号 東洋理化学工業(株) 深谷三男
- (2) ウェザーメーター
計量管理 1955年12月、1956年1月 東洋理化学工業(株) 深谷三男
- (3) ウェザーメーターに就いて
防錆技術 第3巻第8号 東洋理化学工業(株) 深谷三男
- (4) Federal Test Method Standard 141
6151 Accelerated Weathering(Open Arc Apparatus)
6151 Accelerated Weathering(Enclosed Arc Apparatus)
- (5) ASTM G 23 Practice for operating light-exposure apparatus (carbon-arc type) with and without water for exposure of nonmetallic materials
- (6) ASTM D 822 Standard Practice for Filtered Open-Flame Carbon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings
- (7) ASTM STP 1202 Surface Temperatures of Materials in Exterior Exposures and Artificial Accelerated Tests(Richard M.Fischer and Waeen D.Ketola)
- (8) 促進暴露試験ハンドブック(平成21年4月)
日本ウエザリングテストセンター
- (9) スガ試験機(株)テクニカルニュース No.239
促進耐候(光)性試験の歴史と発展(25)ブラックパネル温度計とブラックスタンダード温度計