

促進性を加味した屋外暴露試験について

村 越 康

1. はじめに

固定の暴露台による一定角度での暴露試験が、規格で定めている通常の方法であるが、これに対して、太陽のエネルギーを効率よく利用する目的で、促進性を加味した試験方法が考案され、その一部はASTM規格¹⁾ ²⁾ に採用されている。ここでは、太陽追跡暴露試験及びブラックボックス暴露試験を取り上げ、試験時における日射量、ブラックパネル温度など諸環境条件について検討すると共に、高分子材料、あるいは塗装鋼板に対する暴露試験の実施例を述べ、考察を加える。

2. 太陽追跡暴露試験

2-1 装置の概要

太陽追跡暴露試験は、太陽を追跡するシステムを持った暴露試験装置により行われるが、この装置は2種に大別される。すなわち、単純に太陽を追跡する装置と、太陽を追跡するとともにこの太陽光をミラーにより反射して集光する機構を備えた装置である。

前者は、固定暴露台の暴露面に相当する部分をモーター駆動により回転して、この面が常に太陽を追跡するよう設計されたもので、季節による回転軸の高度変更は手動により定期的に行う必要がある。この装置は米国の Desert Sunshine Exposure Tests, Inc (DSET) のEEK装置と類似のもので、以下EEK型と称する。(写真1参照)

後者は、プログラム方式の自動制御を採用することによって、反射ミラーが晴雨にかかわらず太陽を追跡するシステムを備えている。この反射ミラーは、1枚の寸法が 18×100 cmのもので、太陽光はこのミラー10枚によって反射され、試料架台の試料装着面に集光する。試料架台は、 7×15 cmの試料が13枚装着できるスペースがあり、試料のほかに光量計受光部及びブラックパネル温度計 (BP温度計) を取り付けて暴露条件の観測を行うことができる。一方試料温度の制御は、BP温度計の温度を任意に設定することにより得られる。すなわち、もし試料部温度が設定温度より上昇した場合は、試料装着部の後背位置にあるブローアの回転子により、試料の上方から下方への一方送風を行い、表面及び裏面を同時に空冷する。この制御は、夏季の温度上昇を抑えることが可能な範囲で設定される。日本ウエザリングテストセンター (JWTC) は、 70°C を採用している。

追跡しながら集光する方式の暴露装置は、前と同様にDSETのEMMA装置と類似のもので、以下EMMA型と称する。(写真2参照)

写真1 太陽追跡暴露試験装置 (EEK型)

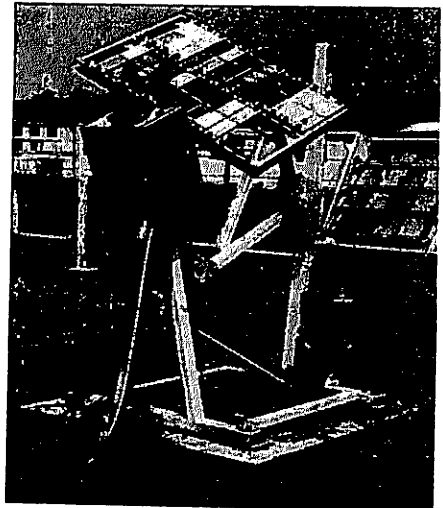


写真2 太陽追跡集光型暴露試験装置 (EMMA型) の写真。装置は屋外に設置され、太陽を追跡しながら集光するための複雑な機械構造を持つ。



2-2 暴露条件の観測

太陽追跡暴露試験装置による日射量を通常の暴露（暴露角度0度）と比較した結果を図1及び表1に示す。図1は、月間日射量の積算値を比較したもので、EEK型は通常の暴露よりやや上回る光量を期待できる。一方EMMA型は、季節による変動が著しいが、日射量は更に大きい。表1は、波長別の日射量を比較したもので、EEK及びEMMA型とも紫外部に対して可視部と赤外部の倍率が上がっている。その理由として、追跡方式のために太陽高度の低い時の赤外部を多く受けること、また、特にEMMA型の場合は、これにミラーの反射特性が付加されるためであらう。

図1 日射エネルギー量の比較

1985年、銚子

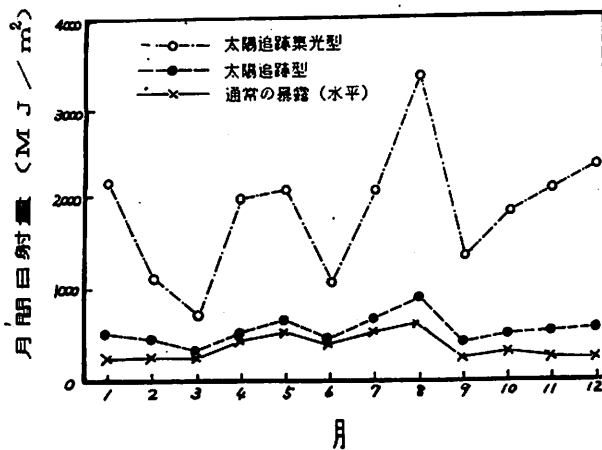


表1 暴露形式による波長別日射量の比較
(1985年)

| 波長区分 形式 | 紫外部 (300~400nm) | 可視部 (400~700nm) | 赤外部 (700~1200nm) |
|---------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|
| 通常の暴露 (0度) | 302.05 (1.00) ²⁾ | 2223.75 (1.00) | 1766.05 (1.00) |
| EEK | 373.21 (1.24) | 3331.18 (1.50) | 3097.82 (1.75) |
| EMMA | 853.40 (2.83) | 12219.09 (5.49) | 10210.79 (5.78) |

1) 銚子における年間の積算値で、単位はMJ/m²

2) 括弧内は通常の暴露(0度)に対する比

EMMA型の集光ミラーは、アルミ製板材の表面に100μmのアルミ蒸着ポリエチレンテレフタレートフィルムを被覆したもので、その分光反射率を図2に示す。この図から判るように、紫外部ほど反射率が小さくなっている。しかし、この集光ミラーは、2年間使用しても、反射率の低下は、比較的少ない。

EEK型の暴露装置における試験温度は、通常の暴露装置より5~11℃高いとされているが、太陽高度の高い時はあまり変わらず、また、風の強い時などには差がみられない。

EMMA型及び通常型（暴露角度30度）の暴露装置におけるブラックパネル温度の測定結果を図3に示す。この図は、快晴時における8月の温度記録測定例であるが、EMMA型は最高温度を制御する方式が採用されているため、ここでの変動は僅かである。

2-3 各種プラスチック材の暴露試験

1) ポリ塩化ビニールシート（以下、PVC）として、無可塑剤、厚さ3mmの試料について、通常の方法、EEK型及びEMMA型により暴露した試料について、色差、光沢及び引張特性などにより経時的な劣化状況を求めている。筑波（茨城県谷田部）にて3年までの暴露による色差の変化を図4³⁾に示す。EMMA型ではかなり色の変化が大きいものに対して、EEK型でははっきり認められない。一方銚子において、通

図2 集光ミラーの分光反射率
(標準アルミ蒸着面の反射率を基準)

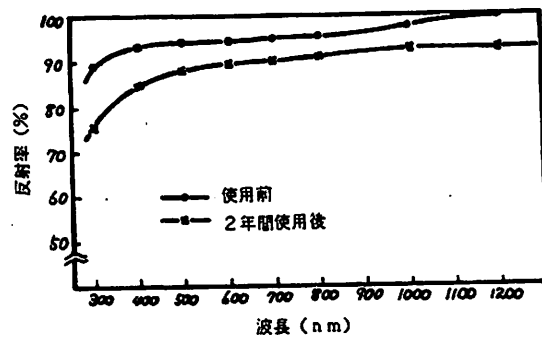
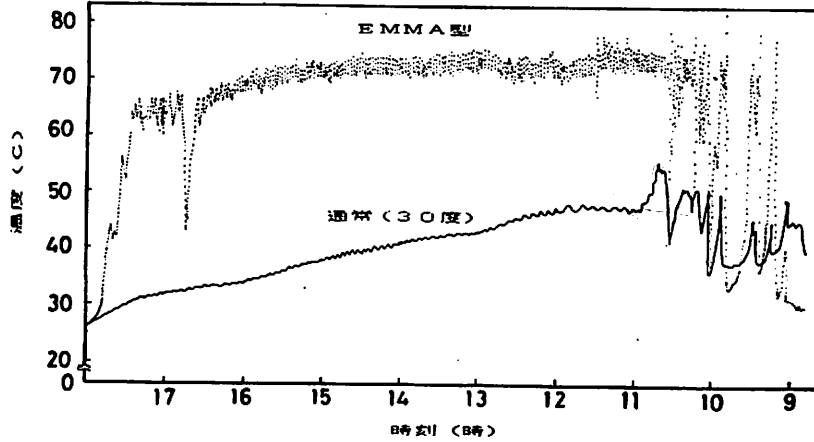


図3 ブラックパネル温度の比較



常とEEK型の試験を行ったが、5年までの暴露による色差の変化から、色差20になる迄の期間を推定した結果を表2に示す。また、同様に光沢についての測定結果を図5に示すが、色差と同様にEEK型の劣化促進性は少ない。光沢の経時的な変化について指数回帰分析を行った結果を表3に示すが、僅かにEEK型暴露の促進性を認めることができる。

図4 暴露による色差の変化

淡城県谷田部

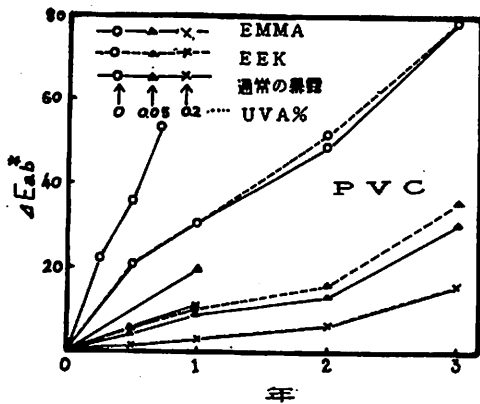


表2 色差の直線回帰分析結果¹⁾

| 紫外線吸収剤 (%) | 試験方法 | 色差20に達する推定期間(月) |
|------------|-------|-----------------|
| 0 | 通常の暴露 | 5.2 |
| | EEK | 4.7 |
| 0.05 | 通常の暴露 | 22.7 |
| | EEK | 20.2 |
| 0.2 | 通常の暴露 | 30.0 |
| | EEK | 29.7 |
| 0.5 | 通常の暴露 | 31.9 |
| | EEK | 31.1 |

1) 鏡子に5年まで暴露した試料についての測定結果

図5 暴露による光沢の変化

鏡子

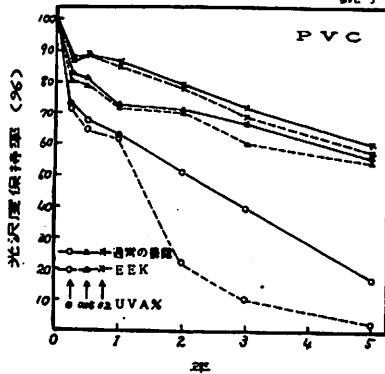


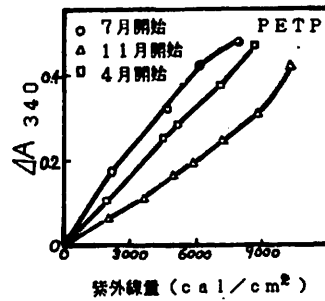
表3 光沢度保持率(%)の指数回帰分析結果¹⁾

| 紫外線吸収剤% | 試験方法 | 光沢度保持率70%に達する推定期間(月) |
|---------|-------|----------------------|
| 0 | 通常の暴露 | 8.9 |
| | EEK | 6.0 |
| 0.05 | 通常の暴露 | 30.3 |
| | EEK | 27.5 |
| 0.2 | 通常の暴露 | 38.8 |
| | EEK | 34.0 |
| 0.5 | 通常の暴露 | 37.2 |
| | EEK | 33.4 |

1) 鏡子に5年まで暴露した試料についての測定結果

2) ポリエチレンテレフタレート (PETP、厚さ100 μ m) について、EMMA型により暴露試験を行い、試料の340nmにおける吸光度増加量 ΔA_{340} を劣化の尺度とし、暴露期間に受けた紫外線量との関係を求めた結果を図6³⁾に示す。ここで、暴露の開始時期7月、4月、11月の順に劣化が速いことが判る。このことについて村山³⁾は、日光の分光エネルギー分布の季節変動にもとづいている可能性を指摘している。

図6 紫外スペクトル吸光度変化量



3. ブラックボックス暴露試験

3-1 装置の概要と環境温度の測定

ブラックボックス暴露装置は、ステンレス製箱の上面に開口部を設けて内外面とも全面に黒色塗装を施し、開口部に試料を隙間なく取り付け、暴露する装置である。(写真3参照)

ブラックボックス試験の場合に、箱内の蓄熱による試験板の温度上昇が予測される。黒色及び白色塗装板による普通の暴露と比較した表面温度の違いを表4⁴⁾に、また、黒色塗装板を試料とした場合の時間毎の温度変化を図7⁴⁾に示す。表4から、普通の暴露と比較して白色塗装板は、ブラックボックス試験の効果は著しくないが、黒色塗装板は、平均温度で10~20℃、最高温度で18~25℃程高くなるが、これら温度は受光量に影響されることが判る。また、白色塗装板の場合、暴露角度0度の方が受光量が多いにもかかわらず、温度は45度の方が高くなっている。これは、測定時の風による放熱が大きかったためと考える。

写真3 ブラックボックス暴露試験装置

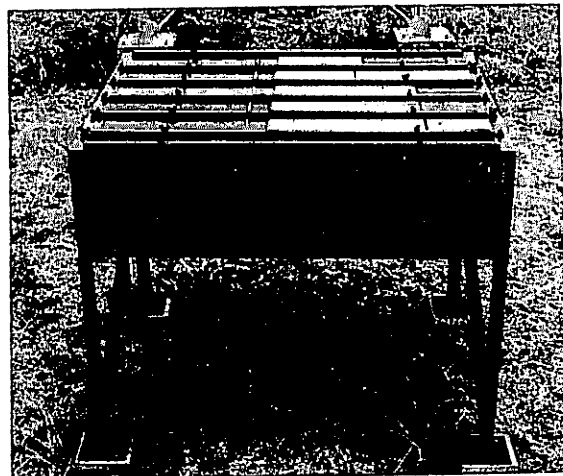
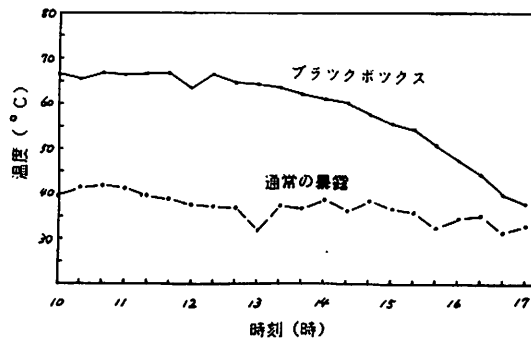


表4 ブラックボックス暴露と直接暴露の比較

| 試料 | 角度 | 測定日 | 平均温度 (°C) | | | | 最高温度 (°C) | | | | 曇れ | 平均気温 (°C) | 日射量 (MJ/m²) | 風速 (m/s) |
|----|----|-----------|-----------|-------|-------|----------|-----------|-------|----|-------|-------------|-----------|-------------|----------|
| | | | ブラックボックス | 通常暴露 | 差 | ブラックボックス | 通常暴露 | 差 | | | | | | |
| 黒 | 45 | 59. 7. 13 | 43. 9 | 34. 3 | 9. 6 | 58. 7 | 39. 3 | 19. 4 | 晴れ | 23. 9 | 18. 20 (45) | 3 | | |
| | | 7. 16 | 51. 3 | 38. 6 | 12. 7 | 61. 8 | 44. 4 | 17. 4 | 晴れ | 25. 9 | 22. 20 (45) | 3 | | |
| | 0 | 7. 26 | 58. 3 | 36. 8 | 21. 5 | 66. 9 | 41. 9 | 25. 0 | 晴れ | 25. 4 | 26. 53 (0) | 2 | | |
| | | 7. 31 | 50. 6 | 34. 9 | 15. 7 | 63. 4 | 40. 2 | 23. 2 | 晴れ | 25. 1 | 欠測 | 2 | | |
| 白 | 45 | 59. 8. 9 | 38. 9 | 34. 9 | 4. 0 | 44. 6 | 38. 4 | 6. 2 | 晴れ | 26. 1 | 21. 12 (45) | 1 | | |
| | | 8. 10 | 37. 2 | 33. 9 | 3. 3 | 43. 0 | 37. 7 | 5. 3 | 晴れ | 26. 5 | 20. 11 (45) | 2 | | |
| | 0 | 8. 2 | 35. 0 | 33. 0 | 2. 0 | 39. 6 | 36. 2 | 3. 4 | 晴れ | 26. 4 | 24. 32 (0) | 3 | | |
| | | 8. 4 | 37. 5 | 35. 2 | 2. 3 | 42. 1 | 38. 7 | 3. 4 | 晴れ | 26. 8 | 23. 15 (0) | 3 | | |

図7 ブラックボックスと通常の暴露試験の表面温度
(角度 0度, 試料 黒, 7月, 晴天)



3-2 塗装鋼板の暴露試験

各種塗装鋼板について、通常の暴露試験と比較した結果を図8及び9に示す。実験の範囲内において、色差及び光沢の変化は、ブラックボックス暴露試験の方が大きく、促進効果を認めることができる。

図8 各種塗装鋼板の暴露による色差の変化

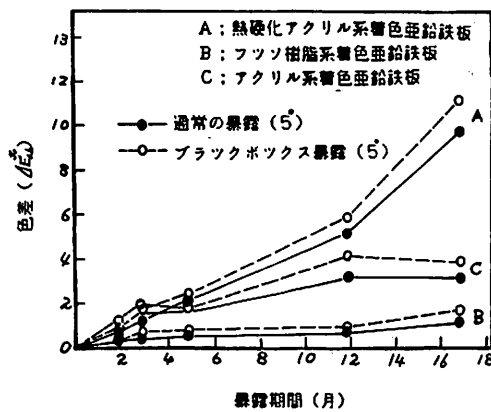
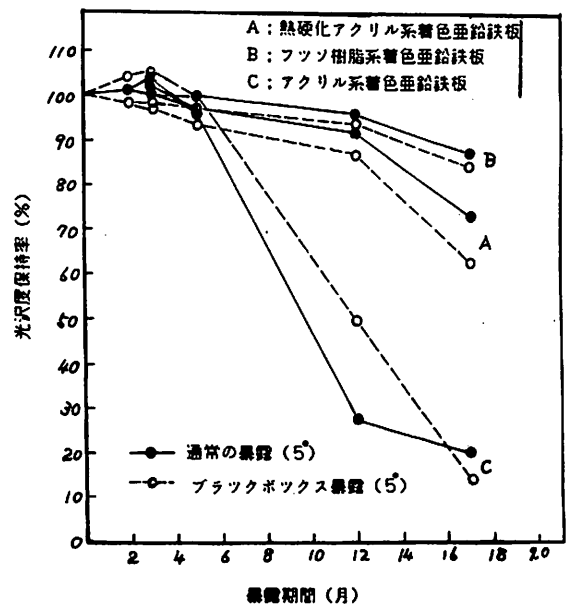


図9 各種塗装鋼板の暴露による光沢の変化



4. まとめ

EEK、EMMA及びブラックボックス暴露試験について、現状を中心に紹介した。更に装置の改良が進み、環境条件での解明とあいまって、使い易く、また有効な試験方法としてこれからも大いに利用されることを期待したい。

引用文献

- 1) ASTM E 838 ; Performing accelerated outdoor weathering using concentrated natural sunlight
- 2) ASTM G 7-7.7 a ; Atmospheric environmental exposure testing of nonmetallic materials
- 3) 村山、外川、村越 ; 高分子の崩壊と安定化研究討論会要旨、9 (1985年、11月)
- 4) 高根 ; JWTCニュース157 (1985-4)