ノート

産業資材の紫外線照射による強度劣化とその予測

古畑　雅弘*　菅家　章*　久保田　順一*

Intensity degradation by an ultraviolet exposure and its prediction method of an industrial material

FURUHATA Masahiro*, KANKE Akira* and KUBOTA Junichi*

1. 緒　言

農業や屋外で用いられる産業資材（図 1）は，太陽光下で長時間放置されると変色や強度低下が発生する。一般にこのような素材の耐久性評価は，耐候試験機を用いて可視・紫外線光照射前後における変退色や強伸度試験により行っているが，試験が長期にわたるといった課題がある。

そこで，比較的短い照射時間後の強伸度試験結果から，所定時間照射後の強伸度を外挿する試験法の実用化を目的に，いくつかの試料について照射時間と強伸度との相関分析を行い，外挿法の適用可能性について検討した。

2. 実験方法

2.1 試料

本研究では，県内企業より提供を受けた織物および不織布材料の寒冷紗（以下，織物および不織布）について試験を行った。

2.2 耐光試験

スガ試験機（株）製紫外線ロングライフフェードメーターU48（以下，紫外線カーボン）を使用し，ブラックパネル温度は 63℃で行った。照射時間は，0hr，200hr，400hr，600hr とした。

2.3 分光放射輝度の測定

（株）トプコン製分光放射計 SR-2A（測定波長範囲は 380nm～780nm）を用いて，紫外線カーボン光と北空昼光の分光放射輝度を測定した。

紫外線カーボン光の測定には減光フィルター ND-100 を使用した。耐光試験機の扉を開けた状態で，試料ホルダーに取り付けた酸化アルミニウム白色板の反射光を測定し光源データとした。測定角は 0.1°，白色板との距離は 1m で測定した。

北空昼光の測定日時は 2013 年 3 月 26 日 11:50（E158°55’ , N37°32’, 高度 55 度）で，天候は曇りであった。減光フィルターND-100 を使用し，地上から 0.8m の高さの架台へ置いた酸化アルミニウム白色板の反射光を測定した。

また，大塚電子（株）製瞬間マルチ測光検出器 MCPD-100（測定波長範囲は 220nm～800nm）を用いて，紫外線カーボン光と北空昼光の発光スペクトルを確認した。測定日時および光源までの距離は前述と同様である。

2.4 強伸度試験

オリエンテック（株）製万能材料試験機 UCT-500 を使用した。織物，不織布について，照射前後の試料から幅 25mm×長さ 200mm の試験片を採取し，つかみ間隔 100mm，引張速度 100mm/min で試験した。試験回数は 2 回とした。

図 1　産業資材

*　素材応用技術支援センター

3. 結果

3.1 光源の分光放射輝度

図 2 に紫外線カーボン光と北空昼光の相対強度を示す。紫外線カーボンのカタログ[1)]では 700nm 以上の赤外領域でピークはほとんどみられないが，実測ではブロードな発光が認められた。また酸化アルミニウム白色板に反射させたそれぞれの光の強度は，紫外線カーボン光 1,300cd/m^2，北空昼光 290cd/m^2 となり，紫外線カーボン光が北空昼光の約 4.5 倍の強度であった。太陽光の 1 年間の放射露光量 4,500MJ/m^2 は，4,500×10^6/(3,600s･24hr･365d) =142.7W/m^2 であり，紫外線カーボン 300～700nm の放射照度は 500W/m^2（ランプから 254mm）である[2)]から，500/142.7=3.5 となり概ね一致した。

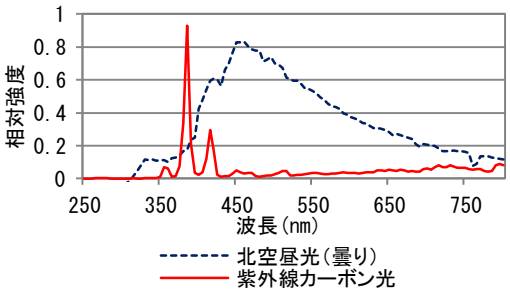

図 2　光源の相対強度

3.2 強伸度

図 3, 4 に織物の照射時間と強伸度の関係を示す。照射時間が増加するに従い強伸度は低下した。不織布では図 5 に示すように，光照射時間によらず強度の変動が大きかった。

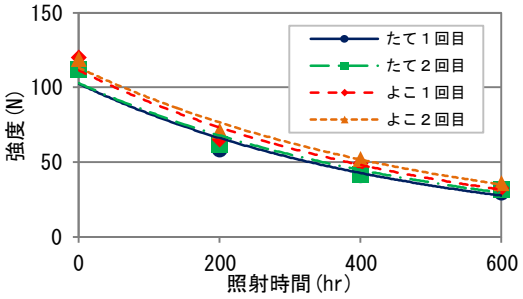

図 3　織物の強度変化

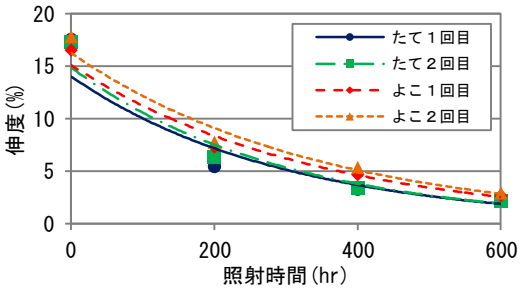

図 4　織物の伸度変化

4. 考察

当センターでは，紫外線カーボン光による光照射前後の試料について強伸度試験を行い産業資材等の耐久性評価を行っている。これまでの知見から，照射後の強伸度の低下は指数関数的となり，試料の高分子鎖が光の照射とともに照射表面から深部へ向かって 1 つずつ破断していくもの(図 6)と考えられたことから，照射後の強伸度の低下は，以下の一次反応式で表すことができると仮定した。

$$A' = A \times \mathrm{Exp}(-K)\, t$$

A’： t 時間照射後の強伸度

A：初期値

t：照射時間

K：反応定数

所定 t 時間照射後の強伸度は，実測強伸度から反応定数 K を求めることで導くことができる。

ここで，この仮定を検証するために，照射時間と強伸度との相関分析を行った。前述の図 3, 4 の指数関数グラフを片対数グラフにプロットしたも

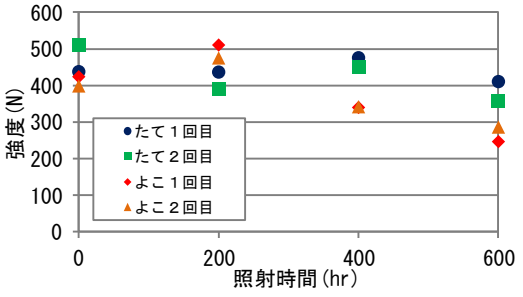

図 5　不織布の強度変化

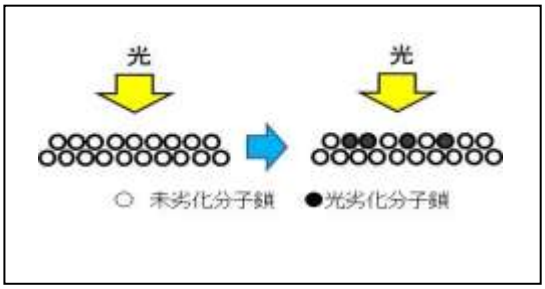

図 6　光劣化模式図

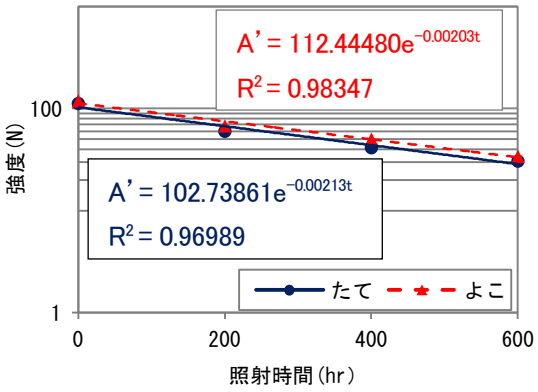

図 7　織物の強度変化

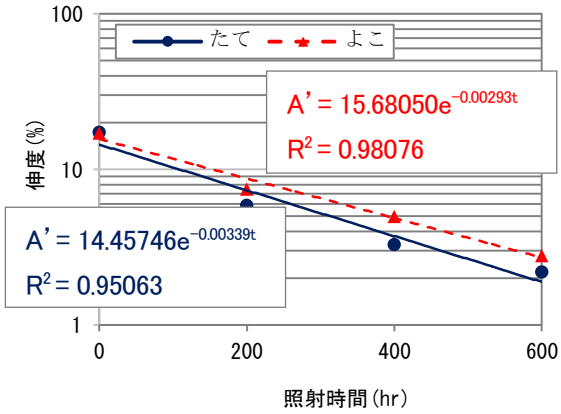

図 8　織物の伸度変化

表 1　強伸度のパラメータと相関係数

		強度			伸度		
		初期値 A	反応定数 K	相関係数 R^2	初期値 A	反応定数 K	相関係数 R^2
織物 1	たて	150.43	1.84×10^{-3}	0.9158	10.44	1.83×10^{-3}	0.9881
	よこ	132.21	2.21×10^{-3}	0.9485	14.65	1.69×10^{-3}	0.9720
織物 2	たて	102.74	2.13×10^{-3}	0.9699	14.46	3.39×10^{-3}	0.9506
	よこ	112.44	2.03×10^{-3}	0.9835	15.68	2.93×10^{-3}	0.9808
織物 3	たて	108.51	0.53×10^{-3}	0.9855	12.32	0.91×10^{-3}	0.9861
	よこ	102.91	0.56×10^{-3}	0.9100	14.96	0.75×10^{-3}	0.9941
織物 4	たて	148.01	1.29×10^{-3}	0.9942	9.32	0.90×10^{-3}	0.9758
	よこ	134.39	1.62×10^{-3}	0.9606	13.64	0.81×10^{-3}	0.9719
不織布1	たて	130.34	0.98×10^{-3}	0.6766	61.12	1.72×10^{-3}	0.9710
	よこ	73.21	0.43×10^{-3}	0.9558	82.26	1.00×10^{-3}	0.9340
不織布2	たて	500.78	0.35×10^{-3}	0.6484	20.22	0.65×10^{-3}	0.9456
	よこ	441.29	0.75×10^{-3}	0.8684	19.25	0.72×10^{-3}	0.9549

のを図 7, 8 に示す。また，各試料の強伸度のパラメータと相関係数を表 1 に示す。織物ではいずれも 0.9 以上の高い相関係数で近似できたが，不織布ではこれほど高い相関は得られなかった。これは前述したように，光照射時間によらず強度の変動がみられることから，同一試料において強伸度のバラツキが大きいためと考えられる。

以上の結果から，織物については外挿法の適用が期待できるので，試料数を増やして色による影響なども検討し，より精度を上げていきたい。

5.　結　　言

(1) 紫外線カーボンによる比較的短い時間で光照射した試料の強伸度試験結果から，所定時間照射した場合の強伸度の低下を外挿する方法について検討した。

(2) 織物ではいずれも一次反応式近似の相関係数が高く，外挿法が適用できる可能性が高い。しかし，不織布については相関係数が低く，適用が難しいと考えられる。この原因として，同一試料において，強伸度のバラツキが大きいことがあげられる。

(3) 引き続きいろいろな素材について試験し，精度を上げていきたい。

謝　　辞

本研究を進めるにあたり，ご協力をいただいた県内企業に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) スガ試験機(株)総合カタログ（2009 年 10 月）

2) 愛産研ニュース，“高分子材料の耐候・耐光性評価の現状”，愛知県産業技術研究所企画連携部，10 月号，2007，p2