

研究論文

屋外使用時間を知らせる繊維の開発

浅野春香*1、佐藤嘉洋*2、田中俊嗣*1

Development of Fiber to Tell the Outdoor Use Time

Haruka ASANO*1, Yoshihiro SATO*2 and Toshitsugu TANAKA*1

Mikawa Textile Research Center*1*2

屋外で利用あるいは保管されるロープは、見た目にも問題がなくても、紫外線劣化のため元のロープ強度から大きく低下し、事故を引き起こす原因となることがある。本研究では、こうした問題に対応するべく、現場でロープの強度低下を簡易に判断可能となるよう、紫外線照射時間を知らせる、つまり紫外線による劣化が検知できる、タイマー機能を有する繊維の開発を行った。市販顔料と添加剤を組み合わせることで、紫外線照射前後で色調が大きく変化するタイマー機能を有する繊維を開発した。

市販顔料の濃度と組み合わせ、また添加剤として、劣化促進剤あるいは劣化抑制剤を適量混合することにより、200,400,600h で色変化する系を見出すことが出来た。

1. はじめに

地元蒲郡地域では、全国トップシェアの繊維ロープや網をはじめとして各種産業用繊維資材を生産している。それらの用途は年々広範になり、要求される性能は高度化・複雑化しているが、中でも製品の安心・安全、性能の信頼性の確保は非常に重要である。特に屋外で使用される製品の場合、紫外線暴露に対する耐久性が必要であるとともに、その交換時期を的確に判断できることが求められている。当センターでは、これまでに顔料で着色したロープを作製し、その退色性の相違から、強度劣化を判断可能としたロープの開発を行った¹⁾。しかし、顔料の濃度によっては、その遮蔽効果から目的の時間で退色させることができないため、交換時期を的確に判断する点では課題が残った。また、近年、その製品に応じた耐久性を判断したいという需要が高まってきた。

本研究では、検知材料として市販顔料を用い、サンシャインウェザーメータによる紫外線暴露後、目的の時間で劣化退色するようコントロールした繊維を開発することを目的とした。様々な色のロープに対応できるよう、赤、青、紫、赤紫系から無色に変化する顔料、紫、茶系から各々青、緑へと他色に変化する顔料を用いた。また、他色に変化する系においては、タイマー繊維の色変化を即座に判断できるよう、色の変化しない基準識線についても作製した。

顔料の濃度と組み合わせ、また添加剤として、劣化促進剤あるいは劣化抑制剤を適量混合することにより、所定の時間で色変化する系を見出すことを検討した。

2. 実験方法

2.1 原料

基材には、ポリエチレン((株)プライムポリマー製ハイゼックス®5000S)を用いた。添加する顔料は、無色に変化する顔料および他色に変化する顔料、何れも東京インキ(株)製を使用した。無色に変化する顔料を表1に、他色に変化する顔料並びにそれぞれに対応する色の変化しない基準識線用の顔料を表2に示す。表2において、PEX5BC609は紫から青に、PEX7BF195は茶から緑に変化する。また、劣化促進に酸化チタン(関東化学(株)製アナターゼ型鹿1級)を、劣化抑制に耐候剤TINUVIN 326(BASF ジャパン(株)製)を添加剤として用いた。

表1 無色に変化する顔料

色の系統	顔料の品名
赤(R)	PEX4BD843AP3 RED
青(B)	PEX4BD843AP3 BLUE
紫(V)	PEX5BD564AP VIOLET
(Va)	PEX5BD637AP VIOLET A

表2 他色に変化する顔料と基準識線顔料

色の系統	顔料の品名
紫(P)	PEX5BC609 PEX5BG474AP(基準識線用)
茶(Br)	PEX7BF195 PEX7BG326AP(基準識線用)

*1 三河繊維技術センター 製品開発室 *2 三河繊維技術センター 製品開発室 (現尾張繊維技術センター 機能加工室)

2.2 タイマー機能を有する繊維の作製

2.2.1 繊維作製

樹脂および顔料の混練→繊維化→延伸の流れで、タイマー機能を有する繊維の作製を実施した。これにより、繊度約 400D の繊維を得た。

混練は、以下の条件により実施し、基材に顔料、添加剤を混合した。

使用機器 ラボプラストミル ((株)東洋精機製作所製)

混練温度 200℃

上述の方法により混練した試料について、以下の条件により、繊度約 3,600D の繊維を作製した。

使用機器 キャピログラフ 1C ((株)東洋精機製作所製)

押出温度 220℃

押出速度 10mm/min

引取速度 1.5m/min

延伸は、以下の条件により、延伸倍率 9 倍で実施した。

使用機器 モノフィラメント紡糸機 TN-35

((株)中部マシン製)

延伸槽温度 100℃

熱風槽温度 120℃

2.2.2 試料名の表記について

作製した試料は、略称で示すものとする。頭のアルファベットは顔料の種類を、続く数字は顔料濃度(wt%)を表す。ハイフン以降のアルファベットは添加剤を (T:酸化チタン、U:耐候剤、アルファベットが無い場合は未添加)、続く数字は添加剤濃度(部:顔料と基材に対する濃度 wt%)を表す。以下に、表記例を示す。

表記例 : Br2・T0.5

この表記例の場合、茶から緑に変化する顔料を基材のポリエチレンに対し、2wt%の濃度で混合し、劣化促進剤である酸化チタンを 0.5 部添加した系を意味する。

2.3 タイマー機能の評価

スライドガラスに、延伸後の繊維を張力均等かつ隙間なく巻き付け、評価用サンプルとした。

2.3.1 促進暴露試験

サンシャインウェザーメータによる紫外線に対する、促進暴露試験を行った。試験条件は以下のとおり。

JISB7753

使用機器 S80HB (スガ試験機(株)製)

BPT 温度 63±3℃

湿度 50±5%RH

フィルタ A タイプ

放射照度 78.5±2W/m²(300-400nm)

噴霧時間 120 分中 18 分

暴露時間 100-800 時間

2.3.2 色差測定

評価用サンプルの促進暴露試験前後における色相の変化を分光測色計による L*a*b*表色系における色差にて評価した。

使用機器 CM-3600d(コニカミノルタ(株)製)

測定径 4mm

3. 実験結果及び考察

3.1 無色に変化する顔料を用いたタイマー繊維の検討

図 1 に作製したサンプルの暴露前、図 2 にサンシャインウェザーメータ暴露後の 1 例として暴露 200 時間後の写真を示す。図中、■には顔料のアルファベットが入るものとする。

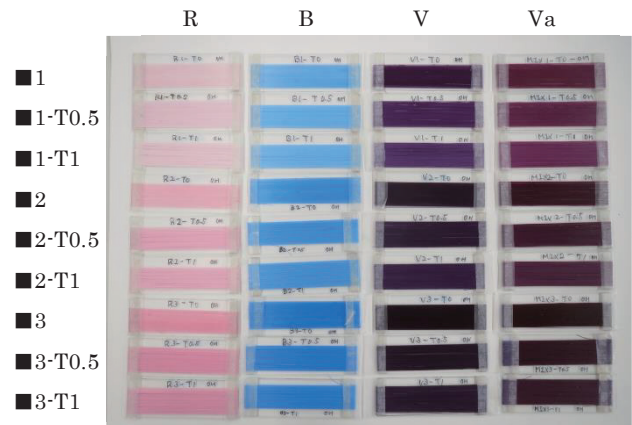


図 1 無色に変化する顔料を用いたタイマー繊維 (暴露前)

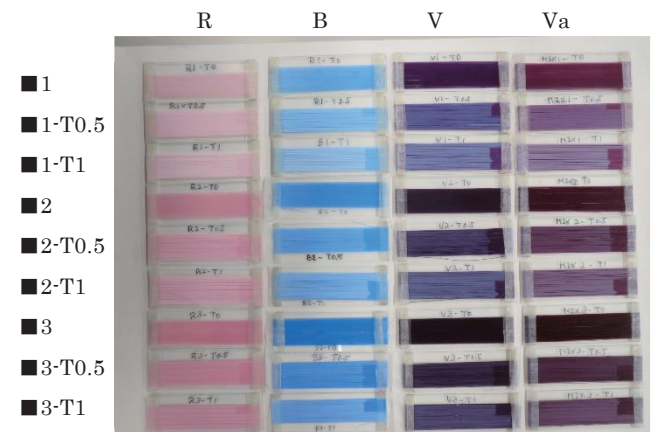


図 2 無色に変化する顔料を用いたタイマー繊維 (サンシャインウェザーメータ暴露 200 時間後)

図より、劣化促進剤である酸化チタンを添加した系はどれも激しい劣化がみられ、繊維が白色化していることが分かる。ただし、R および B の系は、V および Va に比べると、同じ顔料濃度であっても彩度と明度が高いことから白色化の変化がとらえにくくなっているのが分かる。以上のことは、色差測定からも明らかとなっている。図

3 に無色に変化する顔料を用いたタイマー繊維のサンシャインウェザーメータ暴露時間に対する色差を顔料濃度別に示す。

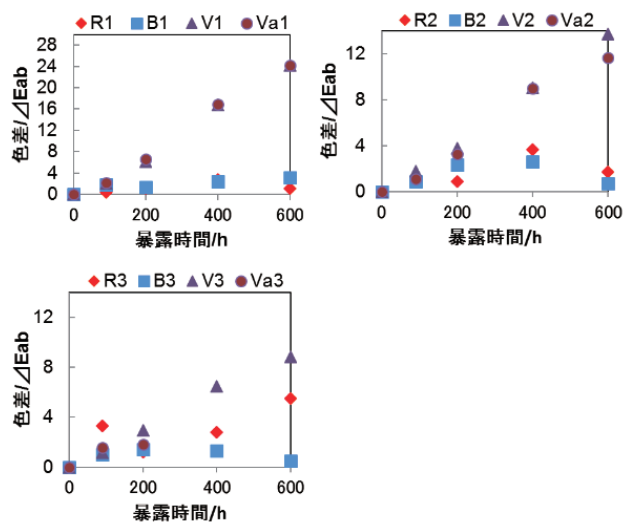


図3 無色に変化する顔料を用いたタイマー繊維の暴露時間に対する色差

図3より R、B系は何れの顔料濃度においても色差変化が小さかった。また暴露時間との相関も認められなかった。R、B系は淡色であるため、暴露に対する色差変化が少なかったためと考えられる。図2で示したように、目視による視認性に関しても、R、B系顔料は比較的透明性の高い顔料であるため、添加剤が無い系ではタイマー繊維の機能を発現することは難しかった。

一方、紫系である V および Va の系においては、1wt%から 3wt%何れの顔料濃度においても、暴露時間の増加に伴い、色差が増大する傾向を示すことが分かった。そのうち、顔料濃度 1%の系(V1、Va1)では、他の系に比べ、色差変動が大きかった。特に紫外線暴露 400 から 600 時間における色差は非常に大きな値を示し、大きく色相変化していることを示す値となった。目視による視認性と合わせると、暴露 600 時間を示すタイマー繊維としての可能性が見出された。

次に酸化チタンを添加し、色相変化を促進、つまり、タイマー機能を短時間側にシフトすることを試みた。目視による視認性を確認したところ、酸化チタンの顔料濃度による違いは比較的小さく、何れの試料においても紫外線暴露 200 時間で大きな色相変化が見られた。酸化チタンを添加していない系では、淡色の R、B 系はタイマー繊維としての可能性は皆無だったが、酸化チタンを添加した系では、白色化あるいは繊維切断によりタイマー繊維としての可能性が見出された。図4に無色に変化する顔料に酸化チタンを添加した系におけるサンシャインウェザーメータ暴露時間に対する色差の変化を示す。目視

による視認性と同様に、顔料の種類や濃度による違いは小さかった。いずれの系においても、紫外線暴露 200 時間で大きく色差が変化することが分かった。目視の視認性と総合して評価すると、顔料濃度 1%に酸化チタンを入れた系は、紫外線暴露 200 時間を示すタイマー繊維としての機能性を確認することが出来た。

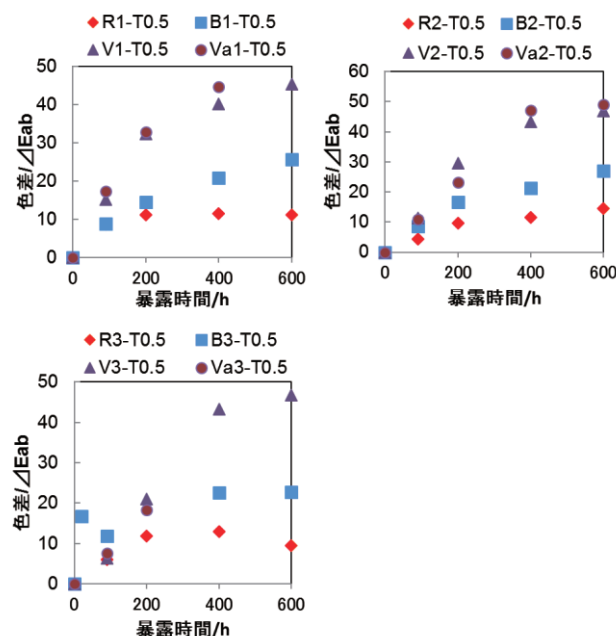


図4 無色に変化する顔料に酸化チタンを添加したタイマー繊維の暴露時間に対する色差

3.2 他色に変化する顔料を用いたタイマー繊維の検討

図5に作製したサンプルの暴露前、図6にサンシャインウェザーメータ暴露 500 時間後の写真を示す。

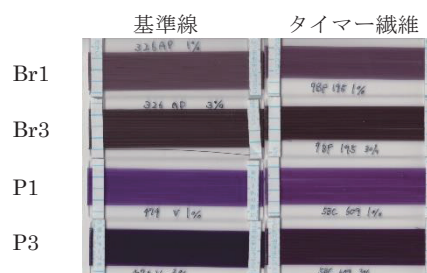


図5 他色に変化する顔料を用いたタイマー繊維 (暴露前)

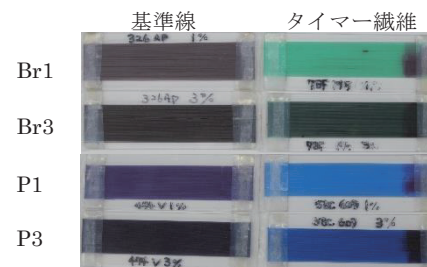


図6 他色に変化する顔料を用いたタイマー繊維 (サンシャインウェザーメータ暴露 500 時間後)

基準線とタイマー繊維の色相が暴露後大きく変化しているのがわかる。この系の顔料は色相変化が大きいため、単一でも、タイマー繊維としての判断が出来うる可能性も示唆されるが、基準線の存在により、色相変化を鋭敏にとらえることが出来る。これにより、紫外線暴露時間を、より正確に判断することが可能となる。

紫から青へ変化する系である P1 および P3 の系について、P1 は暴露 200 時間で、P3 は暴露 600 時間で急激に色相変化するのを目視で確認することが出来た。

P1 および P3 の系について、暴露時間に対する色相変化を色差で表したものを図 7 に示す。

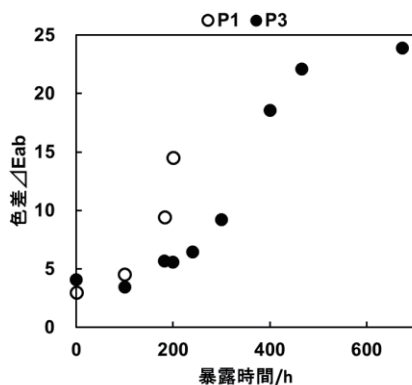


図 7 P1 および P3 における暴露時間に対する色差

図より、P1 は暴露 200 時間手前で、P3 は暴露 600 時間手前で色差の値が大きく変化していることが分かる。つまり、これらの系では暴露 200 時間あるいは暴露 600 時間において、タイマー繊維としての可能性を目視ならびに数値的に確認することが出来た。

また、茶から緑へ変化する系である Br1 の系について、劣化促進剤である酸化チタンと劣化抑制剤である耐候剤を添加し、検知時間を短時間および長時間側にシフトすることを試みた。Br1 ならびに Br1 に酸化チタンを 0.5 部 (Br1-T0.5)、耐候剤を 4 部 (Br1-U4) 添加した系について、暴露時間に対する色相変化を色差で表したものを図 8 に示す。

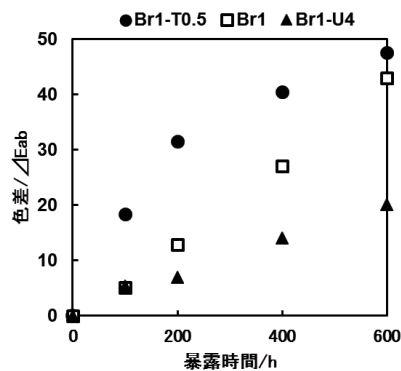


図 8 Br1、Br1-T0.5 および Br1-U4 における暴露時間に対する色差

図より、Br1-T0.5 は暴露 100 から 200 時間にかけて、Br1 は暴露 200 から 400 時間にかけて、色差の値が大きく変化していることが分かる。つまり、酸化チタンを入れた系では、タイマー繊維としての機能が短時間側にシフトしたことを示している。

一方 Br1-U4 は暴露 600 時間まで緩やかに色差が変化しており、Br1 の色差の値と比較すると、かなり数値が小さいことがわかる。これは、耐候剤を添加したことにより、タイマー繊維としての機能が長時間側にシフトしたことを示している。

これは、目視による色相変化でも同様の傾向を示している。

以上により、他色に変化する顔料を用いた Br1 系において、添加剤未添加の系においては紫外線暴露 400 時間、酸化チタンを 0.5 部添加した系においては紫外線暴露 200 時間、耐候剤を 4 部添加した系においては紫外線暴露 600 時間を検知するタイマー繊維としての可能性が見出せた。

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 紫外線暴露時間を色変化で検知するタイマー繊維の検討を行った結果、市販顔料の濃度と組み合わせ、また添加剤を適量混合することにより、サンシャインウェザーメータによる紫外線暴露後、目的の時間で色変化する系を見出すことが出来た。
- (2) 各顔料のタイマー性能の検討結果から、すべての系で同じタイマー機能を持たせることに課題があることが分かった。つまり、目的の暴露時間に応じて、顔料や添加剤の組み合わせを選定する必要があることが分かった。
- (3) 実際の商品化を達成するには、今後屋外暴露によるタイマー繊維の性能検討が必要である。

謝辞

本研究の実施に当たって、顔料情報の提供ならびに製品に求められる要件についてご助言頂いたカネヤ製綱株式会社 川上様にお礼申し上げます。

付記

本研究の一部は、カネヤ製綱株式会社との共同研究により実施した。

文献

- 1) 原田真, 広瀬繁樹: 愛知県産業技術研究所研究報告, 4, 222(2005)