

染色難素材の染色に関する研究

— アラミド繊維の染色堅牢度改善技術 —

森 彬子、柴山幹生

要 旨

アラミド繊維を濃染化することで、耐光堅牢度を改善するとともに光脆化を低減化する方法について研究を行った。

濃染化については、メタ系及びパラ系アラミド繊維をジメチルスルホキシド前処理の後、金属錯塩染料（10%）を用いて染色温度150℃で浸染したとき、最も効果があった。

耐光堅牢度については、キセノンアーク灯による耐光試験の結果、浸染法で金属錯塩染料（10%）を用いてメタ系アラミド繊維を染色することで、耐光堅牢度を衣料用実用範囲の5級に改善できた。

耐光堅牢度の改善に伴う光脆化の低減化については、キセノンアーク灯照射後の試料の強力測定結果から、パラ系・メタ系とも濃染化するほど試料の強力低下が少なく、濃染化することで光に対する繊維の保護作用が良好に保持されることが分かった。

摩擦堅牢度については、メタ系・パラ系共にカチオン染料（10%）を用いて、200℃のサーモゾル法を適用することで、浸染法に比較して、摩擦堅牢度を3級程度向上させる結果が得られた。

1. はじめに

高強力・難燃性の長所を持つアラミド繊維には、難染色性であることと光脆化しやすいため耐光堅牢度が悪いという弱点がある。難染色性の改善については、平成9年度研究報告「前処理によるアラミド繊維の染色技術」で、ジメチルスルホキシド等による前処理と分散染料を使用した染色性の向上効果について報告した。

この研究では、アラミド繊維を濃染化することで、耐光堅牢度の改善及び光脆化の低減を行う方法について、また、摩擦堅牢度の改善方法を検討した。

2. 実験方法

2. 1 試料及び染料

(1) 試 料

- 1) アラミド繊維系
パラ系フィラメント系150D、
メタ系紡績糸1/30
- 2) パラ系アラミド繊維織物
(混率：パラ系100%、経：1/36・緯：1/36、組織：2/2斜紋織、重量：130 g/m²)、
P-Kタイプ
- 3) パラ系アラミド繊維織物
(混率：パラ系100%、経：2/50・緯：2/60、組織：2/1斜紋織、重量：238 g/m²)、
P-Tタイプ
- 4) メタ系アラミド繊維織物

(混率：メタ系95%・パラ系5%、経緯：2/60、組織：2/1斜紋織、重量：210 g/m²)、M-Cタイプ

1)、2)、4) の試料は、帝人㈱より提供を受けた。

(2) 染料

1) 分散染料(通常)：

赤 C.I. Disperse Red 146

青 C.I. Disperse Blue 56

2) 分散染料(超耐光)：

赤(市販品)Sumikaron UL Red GX

青(市販品)Sumikaron UL Blue GX

3) カチオン染料(Cat-1)：

赤 C.I. Basic Red 46

青 C.I. Basic Blue 41

4) カチオン染料(Cat-2)：

赤 C.I. Basic Red 18

青 C.I. Basic Blue 54

5) 金属錯塩染料：

赤 C.I. Acid Red 318

青 C.I. Acid Blue 300

6) 反応染料：

赤 C.I. Reactive Red 84

青 C.I. Disperse Blue 50

浸染には、1)、2)、3)、5) のRed、Blue染料を使用した。

サーモゾル法には1)、2)、3)、4)、5)、6) のBlue染料を使用した。

2. 2 染色試験

(1) 浸染法

試験機：ミニカラー試染機(テクサム技研株式会社製)

染色条件

1) 前処理方法

- ①ジメチルスルホキシド(DMSO：試薬特級、溶液濃度：30%、70℃×30分)

②カチオン化剤(工業用、第4級アンモニウム塩化合物、10%owf、70℃×30分)

- 2) 染色：各染料Red・Blueを濃度0.5%owf、10%owf、浴比1：30
染色温度(130℃×30分、150℃×30分)

(2) サーモゾル染色法

試験機：堅型パッダー、ヒートセット機
(辻井染機工業株式会社製)

試料：パラ系及びメタ系アラミド織物
(P-T、P-K、M-Cタイプ)

染色条件：前記の各染料のうちBlueを染料濃度10%溶液、ノニオン系染料溶解剤3 g/l、尿素20 g/l、糊剤10 g/lで染料糊を調整、この調整液を試料にパット後、180℃×3分もしくは200℃×3分で乾熱処理。

2. 3 染色堅牢度の測定方法

(1) 耐光堅牢度

試験機：耐光試験機

(島津製作所株式会社製)

試料：パラ系・メタ系の糸及び織物

耐光堅牢度試験：JIS L 0843

光源：キセノンアーク灯光(相関色温度5500～6500K)

(2) 摩擦堅牢度

試験機：摩擦試験機Ⅱ型

(株式会社大栄科学精機製作所製)

試料：パラ系・メタ系の糸及び織物

摩擦堅牢度試験：JIS L 0849

2. 4 分光スペクトルの測定方法

試験機：可視紫外分光光度計 形式270-30(日立製作所株式会社製)

測定範囲：300nm～780nm、5nm毎に測定。

2. 5 強力伸度の測定方法

試験機：オートグラフ引張試験機（定速伸張形、島津製作所株式会社製）

測定法：JIS L 1015 化学繊維ステープル試験方法

JIS L 1013 化学繊維フィラメント試験方法

測定条件：試料長200mm、引張速度200mm/min

3. 結果と考察

3. 1 前処理

浸染では、ジメチルスルホキシド（以下DMSO）30%及びカチオン化の2種類の前処理を適用し、前処理による染色性向上及び濃染化効果を評価した。

その結果、浸染ではいずれの前処理も、未処理に比較して染色性の向上が認められた。

サーモゾル法では、未処理で染色試験を行った。

3. 2 濃染化染色試験結果

(1) 浸染法

1) パラ系

図1（Red）及び図2（Blue）にパラ系アラミド繊維を用いて、前処理条件、染色温度、各種染料種及び染料濃度の違いによる染色性との関連を、染色濃度K/S値で求めた結果を示す。

浸染法での染色性の測定結果では、DMSO前処理を行い、150℃染色したグループで染色性が向上し、染料種では金属錯塩染料が最も良好であった。すなわち、図1に示すように赤色相での最大K/S値は、カチオン染料10%染め（赤）8.3で、次いで金属錯塩染料10%染め（赤）

K/S値8.2であった。青色相では、金属錯塩染料10%染め（青）が最大でK/S値8.9

（図2）、カチオン染料10%染め（青）で最大K/S値8.3（図2）、分散染料10%染め（青）で最大K/S値7.9（図2）であった。

全般に、浸染法におけるパラ系の染色性は、DMSOやカチオン化処理で未処理よりも濃染化し、染色温度では、130℃よりも150℃のほうが濃染化した。染料種の違いよりも染色温度やDMSO適用の方が、K/S値の向上に寄与した。しかし、パラ系は、フィラメント糸で染色したことから難染色性の傾向が強いので、DMSO

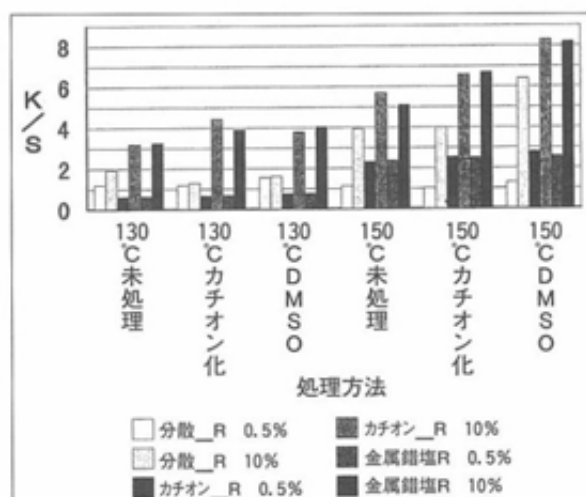


図1 パラ系での各染料種の染色濃度比較結果（色相：赤）

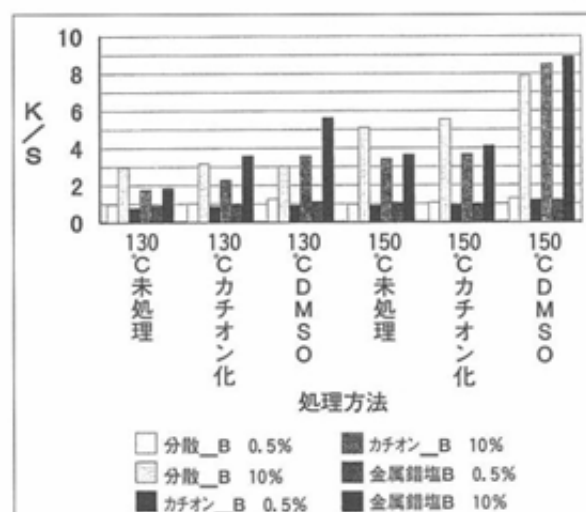


図2 パラ系での各染料種の染色濃度比較結果（色相：青）

を用いても、各染料10%濃度での最大K/S値平均は8.4程度に止まり、メタ系よりも低い染色性を示した。

2) メタ系

図3 (Red) 及び図4 (Blue) にメタ系アラミド繊維の浸染法による染色性測定結果を示す。メタ系では、パラ系に比較して、より顕著に前処理による染色性の向上効果が認められた。図3では、150℃の未処理の金属錯塩染料10%染め (赤) でのK/S値25.1が、DMSO適用でK/S値41.5 (約1.7倍) に向上した。図4のように150℃の未処理の金属錯塩染料10%染め

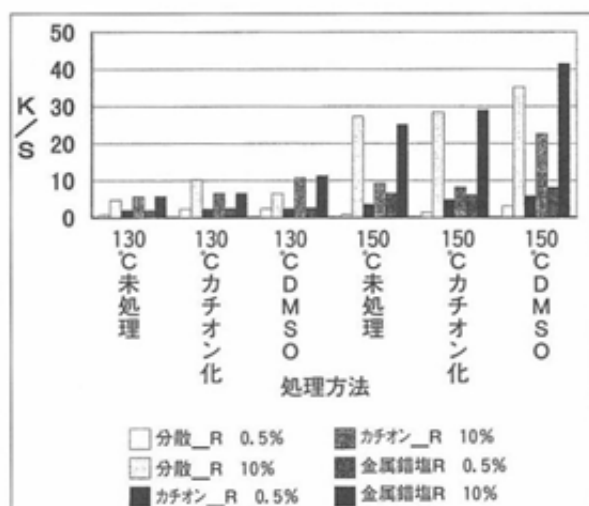


図3 メタ系での各染料種の染色濃度比較結果 (色相：赤)

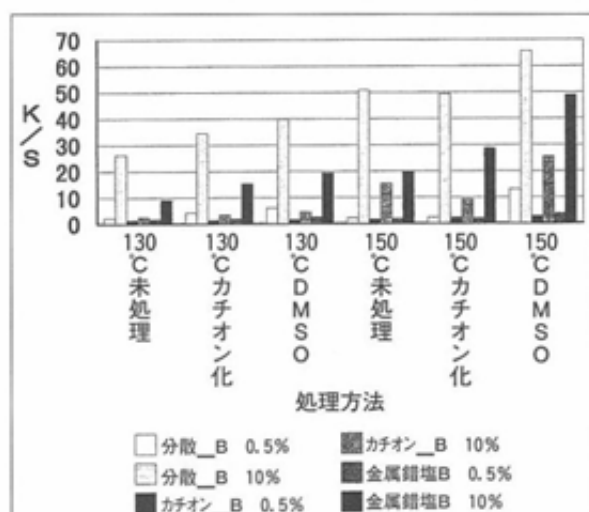


図4 メタ系での各染料種の染色濃度比較結果 (色相：青)

(青) でK/S値19.8が、DMSO適用でK/S値48.9 (約2.5倍) に向上し、同じく分散染料10%染め (青) で、未処理のK/S値51.0がDMSO適用で65.7 (約1.3倍) に向上した。

メタ系は最大K/S値で、パラ系の約7.4倍濃染化し、十分な染色濃度が得られた。

全般に、浸染におけるメタ系の染色性は、130℃よりも150℃の方が濃染化し、染料種では分散染料や金属錯塩染料の方がカチオン染料よりも濃染した。例えば、メタ系に対して染色性を向上させた染料種は、図3の赤色相では金属錯塩染料、図4の青色相では、分散染料であった。

(2) サーモゾル法

図5に、サーモゾル法の染色性測定結果を染色濃度K/S値で示す。

この染色試験では、3種類の被染物を用いた。パラ系として化学的性質の異なる2種類のタイプと、メタ系1種類のタイプをDMSOなどの前処理なしでサーモゾル染色したが、パラ系では1種類の染色性が悪い結果となった。

サーモゾル法による染色試験の結果では、

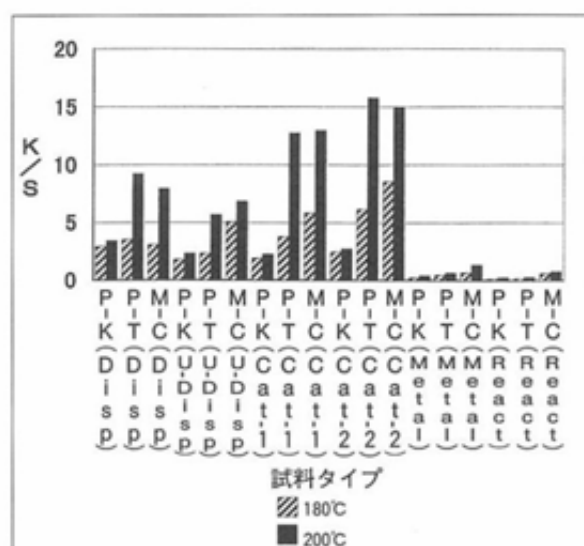


図5 サーモゾル法による染色濃度比較 (パラ系：P-K,P-T メタ系M-C)

Disp=分散 U-Disp=超耐光分散 Cat=カチオン Metal=金属錯塩 React=反応

アラミド繊維に対して分散染料の他にカチオン染料でも染色可能であったが、金属錯塩染料や反応染料ではほとんど染色できなかった。

温度効果を見ると、分散染料やカチオン染料のK/S値の比較から180℃から200℃に高温化することで約2倍の染色濃度が得られた。通常この方法は、ポリエステル繊維に分散染料で適用されるが、アラミド繊維では分散染料の他にカチオン染料でも適用可能であった。

この染色試験で、K/S値が15.8と最大となったのは、200℃処理、パラ系Tタイプのカチオン染料使用であった。

(3) 浸染法及びサーモゾル法による濃染化試験結果のまとめと考察

アラミド繊維を濃染化するには、浸染法・サーモゾル法いずれの方法でも染色温度が重要な要因であることが分かった。

1) 浸染法での濃染化に寄与する要因

a. パラ系・メタ系とも、130℃よりも150℃の方が染色性が向上した。

b. パラ系に対して、DMSO前処理が濃染化に寄与する主な要因であった。

c. メタ系に対して、DMSO前処理と染料種の選択が、濃染化に寄与する主な要因であった。メタ系を濃染化する染料種は、分散染料あるいは金属錯塩染料を適用することで良好な染色濃度が得られた。

d. パラ系を濃染化する染料種は、金属錯塩染料あるいはカチオン染料を適用することで良好な染色濃度が得られた。

2) サーモゾル法での濃染化に寄与する要因

a. パラ系・メタ系ともカチオン染料と分散染料が濃染可能であった。

b. 染色温度を200℃に高温化することで、染色温度180℃でのカチオン染料及び

分散染料のK/S値を、約2倍に改善できた。

c. 前処理がないサーモゾル法の場合には、パラ系は化学的に染料と結合しやすいアラミド繊維のタイプの選択が染色性を左右する重要な要因であることが分かった。

3.3 耐光堅牢度試験結果

(1) 耐光堅牢度の改善

1) 浸染法での耐光堅牢度

表1に、浸染法によるアラミド繊維染色物を、キセノンアーク灯のもとで露光した試料の耐光堅牢度を判定した結果を示す。

染料濃度では淡色の0.5%よりも濃色の10%の方が、耐光堅牢度が1級程度良好であり、10%濃度の時パラ系よりも濃染化し

表1 浸染法での耐光堅牢度試験・変退色判定結果
(試料:DMSO前処理、Blue各濃度、150℃×30分)

NO	染料種	試料 P:パラ M:メタ	変退色
1	分散(通常、0.5%)	P	2-3
2		M	2-3
3	分散(通常、10%)	P	3
4		M	3-4
5	分散(超耐光、0.5%)	P	2
6		M	2-3
7	分散(超耐光、10%)	P	2-3
8		M	3-4
9	カチオン (Cat_1、0.5%)	P	2-3
10		M	3
11	カチオン (Cat_1、10%)	P	3
12		M	4-5
13	金属錯塩(0.5%)	P	2-3
14		M	2-3
15	金属錯塩(10%)	P	3
16		M	5
17	反応(0.5%)	P	2-3
18		M	3
19	反応(10%)	P	3
20		M	3

(ただし反応染料17-20は、薄く着色しただけで、ほとんど染色されていない状態であった。)

ているメタ系アラミド繊維の方が、いずれの染料種においても耐光堅牢度は1級程度良好であった。

分散染料（通常型）は、パラ系・メタ系共に0.5%染めの2-3級から、10%染めの濃染化によってパラ系が3級、メタ系が3-4級に耐光堅牢度が向上した。

同じく市販品の超耐光と呼ばれている分散染料0.5%染めでパラ系・2級、メタ系・2-3級のものが、10%染めでは、パラ系が2-3級、メタ系が3-4級に耐光堅牢度が向上した。

カチオン染料では、パラ系は染料濃度0.5%の時2-3級が、染料濃度10%にすると3級に向上し、染料濃度が濃くなったことによる耐光堅牢度の向上が見られた。同じくメタ系では0.5%染めで3級が、10%染めで4-5級と著しく向上した。やはり前述の分散染料と同様に、濃染化されたメタ系アラミド繊維の耐光性が良い結果となった。

金属錯塩染料の0.5%染めではパラ系・メタ系ともに2-3級となったものが、10%染めではパラ系で3級、メタ系では5級と、メタ系の耐光堅牢度が著しく改善された。

羊毛用反応染料を用いてアラミド繊維を染色しても、ほとんど染色されないのが耐光、堅牢度は、0.5%染めでパラ系・1級、メタ系で2級、10%染めでもパラ系・メタ系とも2-3級となった。この場合には、アラミド繊維自体の黄変が進み、この影響で変退色が大きくなったと考えられる。

2) サーマゾル法での耐光堅牢度

表2にサーマゾル法で染色したアラミド繊維染色物の耐光堅牢度の測定結果を示す。

分散染料は、通常型と超耐光型の2種類を用いて耐光堅牢度を比較した。その結果、

表2 サーマゾル法での耐光堅牢度試験・変退色判定結果
(試料:パラ系・メタ系繊維、200℃×3分、各染料10%溶液濃度)

NO	染料	試料 P:パラ M:メタ	変退色
1	分散染料(通常)	P-K	3
2		P-T	3
3		M-C	4
4	分散染料(超耐光)	P-K	3
5		P-T	3-4
6		M-C	4
7	カチオン染料 (Cat_1)	P-K	2-3
8		P-T	3
9		M-C	3-4
10	カチオン染料 (Cat_2)	P-K	3
11		P-T	3-4
12		M-C	4
13	金属錯塩染料	P-K	1-2
14		P-T	3
15		M-C	2-3
16	反応染料	P-K	1-2
17		P-T	3
18		M-C	3

注)P-K: KEVLAR、P-T: TECHNORA、M-C: CONEX

パラ系Kタイプとメタ系では分散染料のタイプによる耐光性の差がなかったが、パラ系Tタイプの耐光堅牢度は、通常型で3級に対して超耐光型は3-4級となり、超耐光型の方が耐光堅牢度が良好であった。通常型分散染料では、パラ系2タイプとも耐光堅牢度3級、メタ系は4級となり、濃染化されたメタ系アラミド繊維の耐光性が良い結果となった。

カチオン染料は2種類で染色試験した。カチオン染料（Cat_1）と（Cat_2）を比較すると、パラ系・メタ系全てに対して後者の耐光堅牢度が、1級程度良好であった。

（Cat_1）ではパラ系・Kタイプで2-3級、同じくTタイプで3級となり、メタ系はパラ系より1級上位の3-4級の耐光堅牢度を示した。一方、（Cat_2）ではパラ系Tタイプが3-4級で、メタ系は（Cat_1）同様にパラ系より1級上位の4級で、（Cat-1）

よりも (Cat-2) の方が耐光性が優れていた。

金属錯塩染料及び羊毛用反応染料では、図5の染色濃度測定結果からも分かるように、パラ系、メタ系ともにあまり染色できず染色濃度が低かった。そのためアラミド繊維自体の黄変が進み、この影響で変退色が大きくなったと考えられる。特に染色濃度が薄いパラ系Kタイプでは、金属錯塩染料・反応染料ともに耐光堅牢度が1-2級となり、最も変退色が著しく現れた。

(2) 耐光堅牢度試験結果のまとめと考察

浸染、サーモゾル法いずれにおいても耐光堅牢度を改善するには、①耐光性の良い染料種を選ぶこと、②濃染化することが重要であることが分かった。

浸染法では、メタ系でDMSO前処理に金属錯塩染料10%染めで耐光堅牢度を5級に、DMSO前処理にカチオン染料 (Cat-1) 10%染めで耐光堅牢度4-5級へと、いずれも衣料用実用範囲の耐光堅牢度に改善できた。パラ系・メタ系両者に対して耐光堅牢度が良かった染料種は、金属錯塩染料であった。

いずれの染料種においても、淡色 (0.5%owf) よりも濃色 (10%owf) の方が耐光堅牢度が良好で、10%染めでは、反応染料を除くほとんどの染料種でパラ系よりもメタ系の方が1-2級耐光堅牢度が良好であった。

サーモゾル法では、メタ系の耐光堅牢度は分散染料の通常型・超耐光型いずれのタイプも、浸染法に比較して1級程度向上した。このことは、浸染よりも高温のサーモゾル法を分散染料に適用することで、高温で昇華しやすい分散染料の性質が生かされ、アラミド繊維の深部まで染料が浸透したた

めと考えられる。パラ系・メタ系のいずれに対しても耐光堅牢度が良かった染料種は、超耐光型分散染料とカチオン染料 (Cat-2) タイプであった。

羊毛用反応染料は、浸染法及びサーモゾル法の2つの方法で、パラ系・メタ系のいずれのアラミド繊維に対しても濃染しないため耐光堅牢度の改善に適用できなかった。

3.4 光脆化の低減

光によるアラミド繊維の繊維物性への影響及び濃染化との関係を調べるため、耐光堅牢度試験後の染色試料について強力と伸度を測定した。その結果を図6～図9に示す。

(1) アラミド繊維の光脆化特性

1) パラ系アラミド繊維の濃染化と光脆化の低減

図6にパラ系アラミド繊維の光脆化特性を示す。この実験に使用したパラ系アラミドフィラメント繊維の原糸では強力が19.3N、伸度が6.3%の物性値を持っているが、40時間のキセノンアーク灯による露光で強力が14.8N、伸度が4.1%にまで低下した。すなわち、原糸の強伸度を100%とすると、40時間の露光で強力が76.7%、伸度が65.8%までに低下することが分かった。

これらの光脆化を低減化するために、各種の染料を用いた濃染化の方法で対策することとした。濃染化と光脆化との関係を図6及び図7に示す。

超耐光分散染料10%で濃染化した時の強力16.6Nから、キセノンアーク灯光を40時間照射した後は15.9N (4.2%減) の低下、同じくカチオン染料10%染めの強力が16.0Nが14.3N (10.6%減) に低下した。

金属錯塩染料10%染めは、40時間照射後

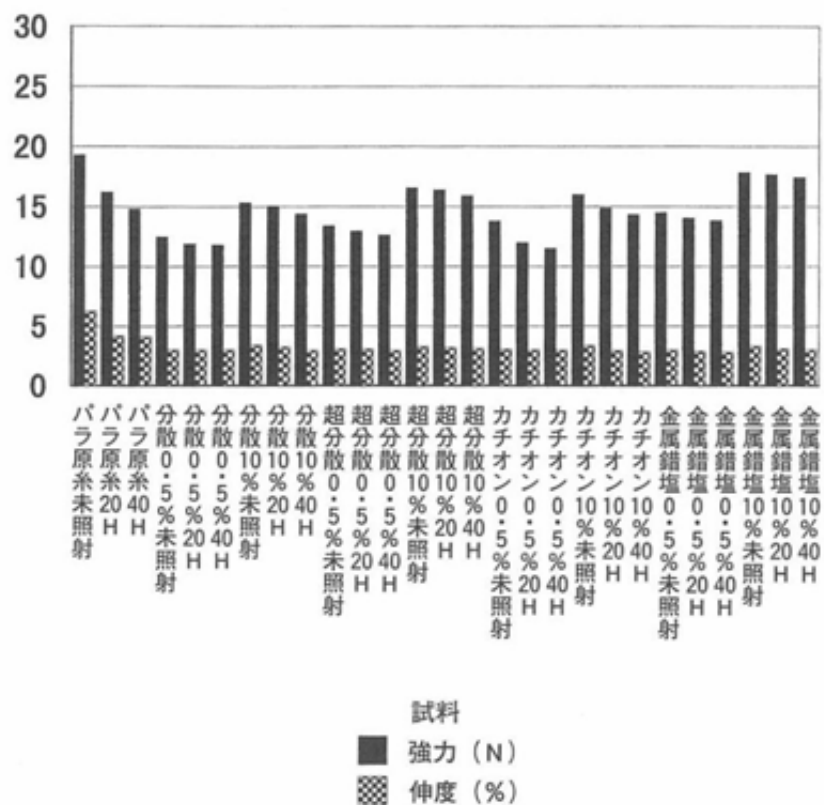


図6 バラ系アラミド繊維の光脆化特性

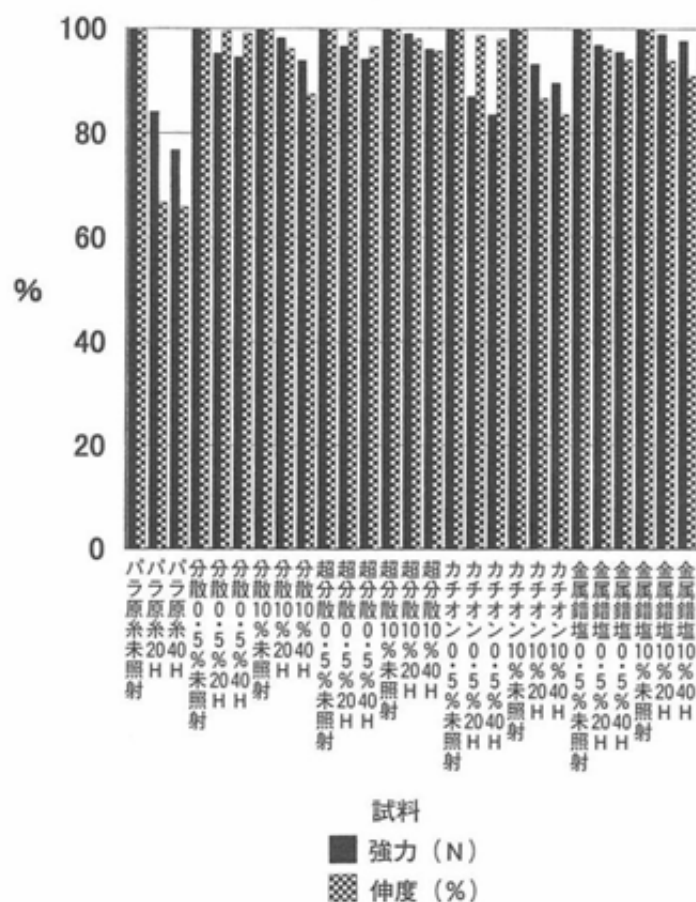


図7 バラ系アラミド繊維の光脆化特性
(強伸度変化：未照射試料の値を100とした)

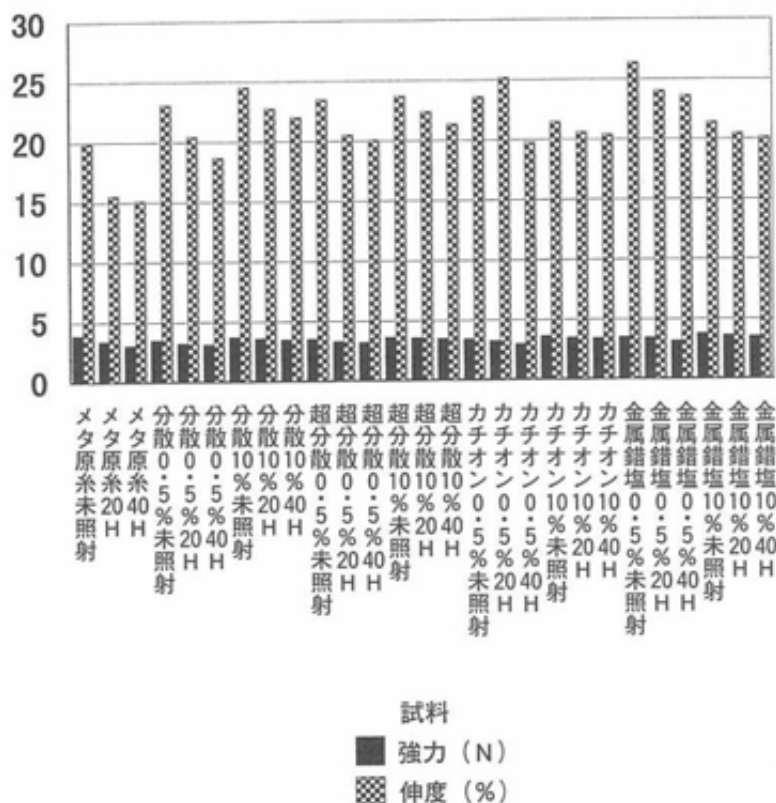


図8 メタ系アラミド繊維の光脆化特性

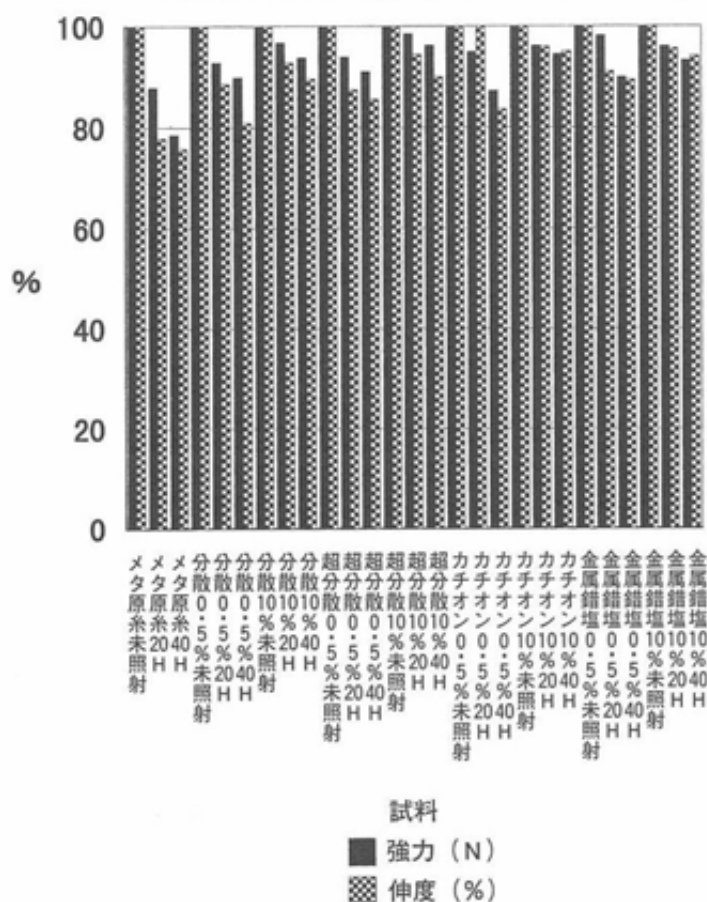


図9 メタ系アラミド繊維の光脆化特性
(強伸度変化：未照射試料の値を100とした)

にも強力が17.8Nが17.4N (2.2%減) とほとんど光脆化がないことが判明した。しかし、同じ金属錯塩染料でも10%染めに比べると0.5%染めでは、未照射14.5Nが40時間照射後の強力13.8N (4.8%減) と、光脆化による強力低下がやや大きかった。(図7)

2) メタ系アラミド繊維の濃染化と光脆化の低減

図8及び図9の結果から、メタ系アラミド繊維もパラ系同様に、光脆化が発生することが分かる。原糸の強力3.9N、伸度で20.0%の物性が、40時間の露光で強力3.1N、伸度15.1%にまで光脆化を受ける。すなわち、強力が79.5%、伸度で75.5%までに低下することになる。

通常型の分散染料0.5%染めで40時間照射後に強力が89.9%、同じく10%染めで、強力が91.0%まで低下する。超耐光型の分散染料0.5%染めでは、40時間照射後に強

力が91.0%に、10%染めでは40時間照射後に強力が96.2%に低下となり、淡色よりも濃色での強力低下が少なかった。

カチオン染料0.5%染めも、40時間照射後には強力が87.3%に低下したものが、10%染めでは、40時間照射後に強力が94.5%の低下にしかならなかった。

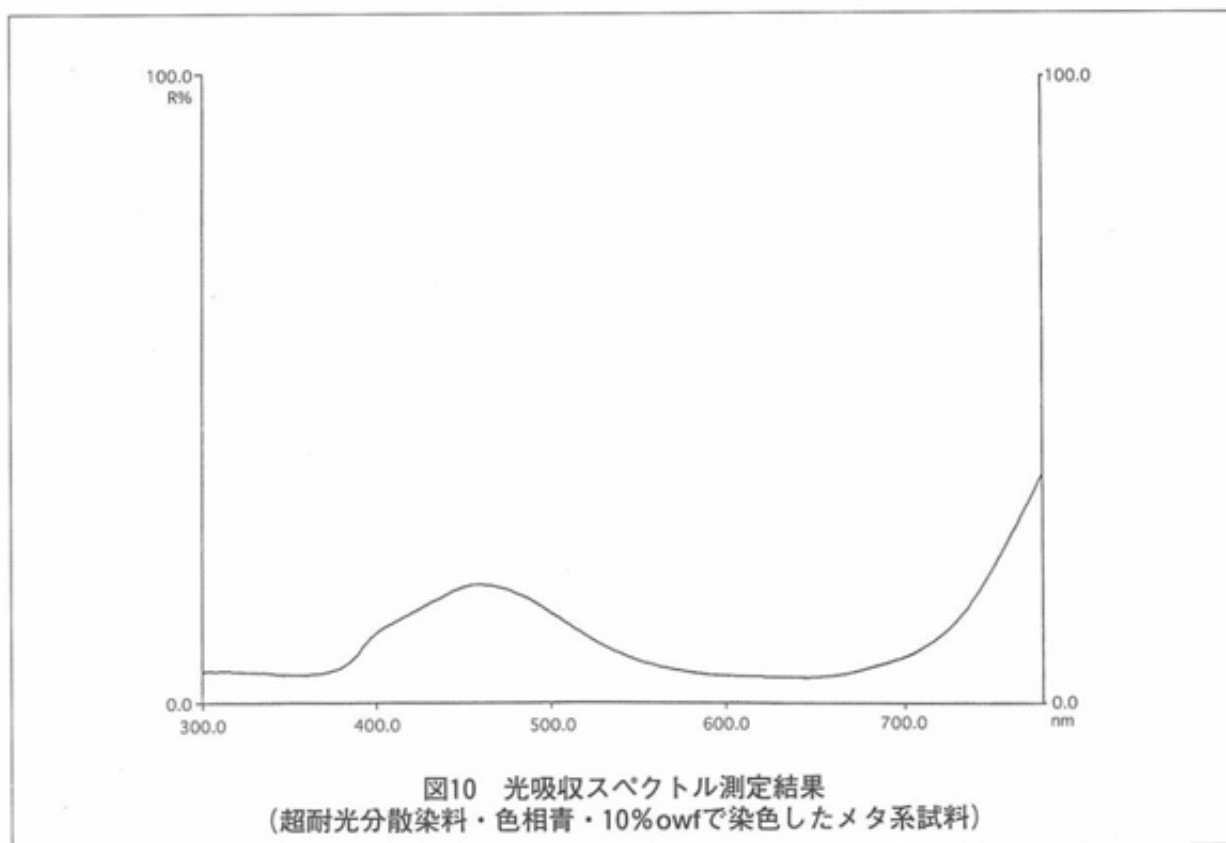
また、金属錯塩染料0.5%染めでは40時間照射後に、強力が89.9%に低下したものが、10%染めでは、40時間照射後に93.3%の強力低下に止まった。

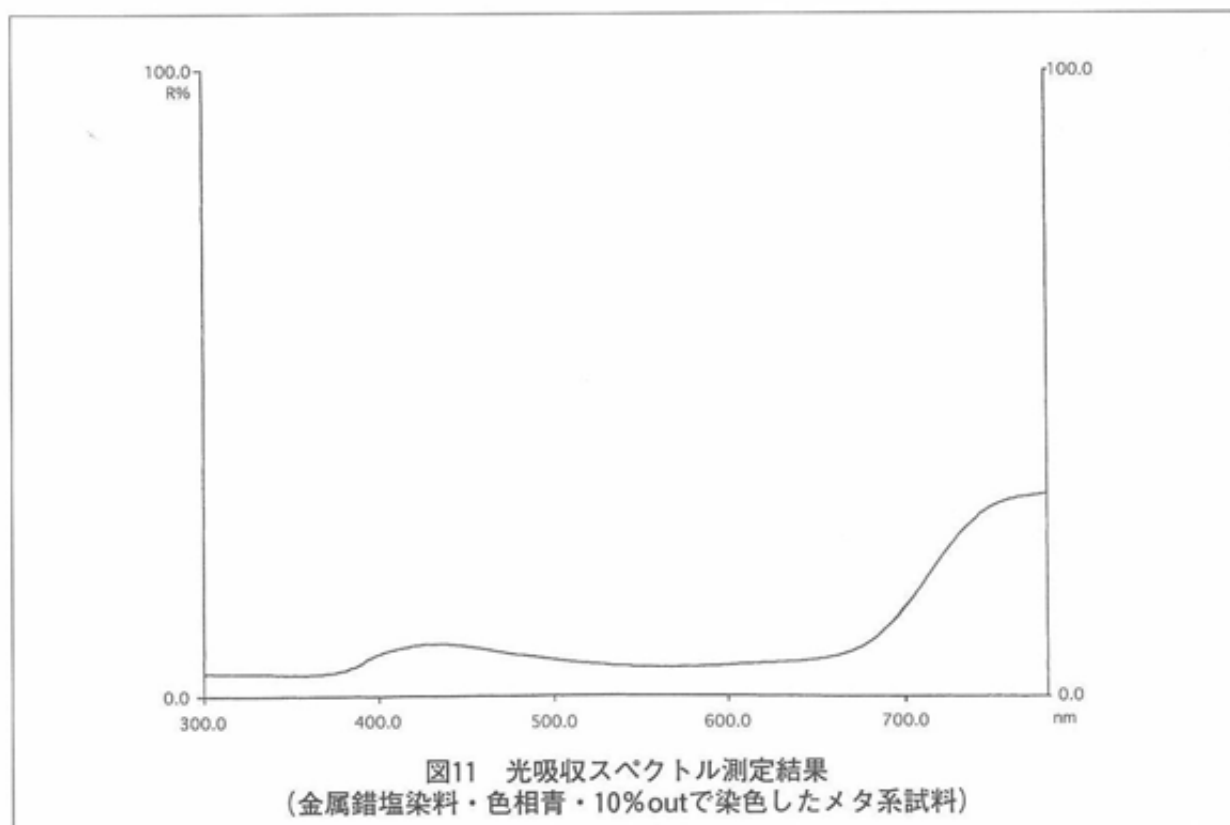
(2) 染色試料の分光スペクトル解析

DMSO前処理後、染色温度150℃で浸染した染色物の分光反射率を、可視紫外分光光度計で300nmから780nmまで測定した。

図10に分散染料で染色した試料の分光反射率曲線、図11に金属錯塩染料で染色した試料の分光反射率曲線を示す。

図10及び図11に示すように、300~400nm





の紫外線領域の分光反射率が低くなっている。

このことから、アラミド繊維試料にこの波長領域で光エネルギーがよく吸収されていることが分かる。

(3) 光脆化低減試験結果のまとめと考察

- a. 強力伸度試験の結果からパラ系アラミド繊維は、いずれの染料種でも濃染化するほど光脆化が少ない傾向を示した。同様にメタ系アラミド繊維においても、濃染化すると、光脆化が緩慢になることが分かった。
- b. 未染色と濃染化染色後に耐光試験を行った試料の強力比較結果から、濃染試料は、強力が低下が小さくなり脆化が低減した。

このことから、未染色の場合は繊維本体に直接光が吸収されるため繊維そのものが脆化されるが、濃染化した場合は、染色された繊維中の染料が光エネルギーを吸収するため、繊維そのものが直接脆化されにくいことが推定できる。原系や淡色の試料では、キセノンアーク灯の露光で光脆化が促

進されることから、濃染化されないと繊維本体が光エネルギーで脆化することになる。

c. このことにより、アラミド繊維の光脆化防止は、濃染化と密接な関係があることが分かる。染色によりアラミド繊維中に染着した染料が光エネルギーを吸収するためアラミド繊維本体を光脆化から保護する作用を示すことを確認できた。

3.5 その他の染色堅牢度試験結果

表3に摩擦堅牢度試験結果を示す。

(1) 浸染法

分散染料では、通常型0.5%で赤・青ともにメタ系が乾摩擦堅牢度4級以上、湿摩擦堅牢度3-4級以上、超耐光型0.5%は青色相でパラ系・メタ系とも4級以上と良好であった。通常型・超耐光型ともにパラ系が乾摩擦でメタ系よりも1級低くなり、さらに湿摩擦でそれよりも1級低下する傾向を示した。10%では、通常型・超耐光型ともに赤色相がパラ系・乾湿・1-2級、メタ

表3 摩擦堅牢度試験・汚染判定結果
(浸染試料:DMSO前処理、Blue・Red浸染、150℃×30分)
(サーモゾル試料:Blue、200℃×3分)

NO	染料	試料 P:パラ M:メタ	浸染(赤)		浸染(青)		サーモゾル(青)	
			乾摩擦	湿摩擦	乾摩擦	湿摩擦	乾摩擦	湿摩擦
1	分散染料 (通常型) 0.5%	P	4	3-4	4	3-4	—	—
2		M	4-5	4-5	4-5	4	—	—
3	分散染料 (通常型) 10%	P	1-2	1-2	2-3	2	—	—
4		M	2	2	3	2-3	—	—
5	分散染料 (通常型) 10%	P-K	—	—	—	—	2-3	2
6		P-T	1-2	1-2	2-3	2	3	2
7		M-C	2	2	3	2-3	3	2-3
8	分散染料 (超耐光型) 0.5%	P	3-4	3	4	4	—	—
9		M	4	4	4-5	4-5	—	—
10	分散染料 (超耐光型) 10%	P	1-2	1-2	3-4	3	—	—
11		M	2	1-2	3-4	2	—	—
12	分散染料 (超耐光型) 10%	P-K	—	—	—	—	4	3
13		P-T	1-2	1-2	3-4	3	4	3-4
14		M-C	2	1-2	3-4	3	4	3-4
15	カチオン染料 (Cat-2) 0.5%	P	4	3-4	4	3-4	—	—
16		M	5	4-5	4-5	4	—	—
17	カチオン染料 (Cat-2) 10%	P	2-3	2	2-3	2	—	—
18		M	3-4	3-4	2-3	2	—	—
19	カチオン染料 (Cat-2) 10%	P-K	—	—	—	—	4	3-4
20		P-T	2-3	2	2-3	2	4-5	4
21		M-C	3-4	3-4	2-3	2	4-5	4
22	金属錯塩染料 0.5%	P	4	4	4	3	—	—
23		M	4	4	3-4	3	—	—
24	金属錯塩染料 10%	P	3-4	3-4	2-3	2	—	—
25		M	1-2	1-2	1-2	1	—	—
26	金属錯塩染料 10%	P-K	—	—	—	—	5	4-5
27		P-T	3-4	3-4	2-3	2	5	4-5
28		M-C	1-2	1-2	1-2	1	4-5	4-5
29	反応染料 10%	P-K	—	—	—	—	4-5	4
		P-T	—	—	—	—	5	4-5
30		M-C	—	—	—	—	5	4-5

注)P-K: KEVLAR、P-T: TECHNORA、M-C: CONEX
P:パラ系フィラメント系、M:メタ系紡績糸

系乾2級、湿1-2級で低水準であった。10%でも青色相では、赤色相よりも1-2級程度上位であった。青色相では、通常の分散染料よりは超耐光分散染料のほうがパラ系、メタ系とも3-4級(乾)で1級程度よい結果となった。

カチオン染料(Cat-2)では、0.5%染

色の場合にパラ系で3-4級(赤・青・湿)、メタ系で4-5級(赤・湿)及び4級(青・湿)が、10%染色に濃染化するとパラ系で2級(赤・青・湿)、メタ系で3-4級(赤・湿)及びパラ系・メタ系で2級(青・湿)と、著しく低下した。乾摩擦も染色濃度の上昇に伴って湿摩擦堅牢度と同様の低下傾

向を示した。

金属錯塩染料染めでは、0.5%染色の場合にはパラ系・メタ系とも4級（赤・湿）、パラ系・メタ系とも3級（青・湿）が、10%染色に濃染化するとパラ系で3-4級（赤・湿）・2級（青・湿）、メタ系で1-2級（赤・湿）・1級（青・湿）と青色相での湿摩擦堅牢度が低下した。

(2) サーマゾル法

サーモゾル染色した試料は、通常型の分散染料10%溶液染めで、パラ系2級（湿）・メタ系2-3級（湿）、超耐光型の分散染料10%溶液染めで3級から3-4級（湿）程度、カチオン染料10%溶液染めで、パラ系メタ系とも3級から3-4級程度（湿）となり、分散染料では通常型・超耐光型ともに浸染よりも摩擦堅牢度が向上した。

カチオン染料（Cat-1）はパラ系・P-Tタイプ及びメタ系で4級（湿）で、濃染化した試料のうちで、最も優れた湿摩擦堅牢度であった。

サーモゾル染色の場合には、金属錯塩染料染めや羊毛用反応染料染めでは染着できなかったのが、淡色となり、いずれも摩擦堅牢度は4-5級（湿）となった。

(3) 摩擦堅牢度試験結果の考察

一般に、濃色ほど摩擦堅牢度が悪くなるが、このことはアラミド繊維の染色物にも該当する。以上より、取りまとめると、分散染料は、通常型・超耐光型いずれも浸染よりもサーモゾル法の適用で摩擦堅牢度が向上した。また、濃染化した染料のうちカチオン染料はサーモゾル法でパラ系・P-Tタイプ及びメタ系に対して湿摩擦堅牢度4級となり最も良好な湿摩擦堅牢度を示し

たが、浸染では濃染化すると湿摩擦堅牢度が低下した。

4. おわりに

アラミド繊維の染色堅牢度改善について、この研究では次の結論が得られた。

(1) 浸染法でアラミド繊維を濃染化し、耐光堅牢度を改善することができた。

・メタ系アラミド繊維に対しては、DMSO前処理の後、染色温度150℃、超耐光分散染料もしくは、金属錯塩染料で濃色（10%owf）に染色した結果、耐光堅牢度を衣料用実用範囲の5級に改善できた。

・パラ系アラミド繊維に対しては、DMSO前処理の後、染色温度150℃、金属錯塩染料で濃色（10%owf）に染色することで、耐光堅牢度を4-5級に改善できた。

(2) 光脆化を低減するには、パラ系・メタ系いずれに対しても濃染化が必須の条件であることが分かった。

(3) サーマゾル法にカチオン染料及び分散染料を適用することで、浸染法よりも湿摩擦堅牢度を向上させた。

参考文献

- 1) 森ほか：「前処理によるアラミド繊維の染色技術」, テキスタイル&ファッション誌, vol.16, 67 (1999)
- 2) JIS L0843 キセノンアーク灯光に対する染色堅牢度試験法
- 3) JIS L0801 染色堅牢度試験方法通則
- 4) JIS L0804 変退色用グレースケール
- 5) JIS L0849 摩擦に対する染色堅牢度試験方法