

## 研究論文

## 着色難燃繊維不織布の性能評価

深谷憲男\*<sup>1</sup>、原田 真\*<sup>1</sup>、宮本晃吉\*<sup>1</sup>

## Performance Evaluation of Colored Flame-Retardant Nonwoven Fabric

Norio FUKAYA\*<sup>1</sup>, Makoto HARADA\*<sup>1</sup> and Kokichi MIYAMOTO\*<sup>1</sup>Mikawa Textile Research Center\*<sup>1</sup>

自動車内装材用途を目的とした着色難燃繊維不織布の性能評価を行った。試料は、リン濃度の異なる着色難燃繊維綿（低難燃・中難燃・高難燃の3グレード）を使用して不織布の作製を行った。接炎試験結果から、各グレードの難燃繊維綿の難燃性に差が認められた。また、水平法燃焼試験では、熔融滴下し、測定開始点まで炎が伝播しない試料に対して、燃焼面積を測定することによる難燃性評価方法が有効であることが示された。耐光性試験結果は、特にホワイト色の色差が大きい傾向となった。しかしながら、ホワイト色及びベージュ色を除くと難燃繊維綿と非難燃繊維綿とでの大きな差はみられなかった。試作した難燃繊維綿の捲縮性能評価では、単糸の捲縮率及び残留捲縮率と不織布にした際の風合いに相関性がみられた。

## 1. はじめに

自動車用内装材には、着色された繊維製品が多く使用されている。これらの内装材は、安全性の観点から難燃性の自主規制の対象となっているため、難燃性が必須となる。

現行の自動車内装用途の繊維製品は、難燃バックキング材を裏面に塗布する方法によって製造されている。これは、後加工での染色加工または難燃加工を必要とするので、高コスト及び環境負荷の増加に繋がっている。

また、自動車内装用途では、日光にさらされる環境で使用されるため、着色難燃繊維綿には高度な耐光堅牢度も求められている。

そのため、耐光堅牢性が高く、環境に優しい低コストな着色難燃繊維綿の実用化が求められている。

そこで、廃PETボトル及びリサイクルPET原料をもとに、開発された難燃繊維綿と非難燃繊維綿から不織布を作製し、実用化に向けた各種性能評価を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 試験試料の作製

非難燃繊維綿とリン濃度の異なる難燃繊維綿（低難燃、中難燃、高難燃の3グレード）（以下、「非難燃綿」、「低難燃綿」、「中難燃綿」、「高難燃綿」と記す）を用いて、カード機（株式会社機械製作所 サンプルローラーカード）により混綿し、ニードルパンチ機（有）大和機工NL-380）にて不織布に加工した。単位面積当たりの質量（以下、「目付」と記す）は150g/m<sup>2</sup>及び200g/m<sup>2</sup>とした。

また、使用した繊維綿の単糸繊度は以下の通りである。

通常単糸繊度：高難燃綿・中難燃綿	5.0dtex
低難燃綿・非難燃綿	6.6dtex
細物単糸繊度：全ての繊維綿	3.3dtex

## 2.2 難燃性評価

## 2.2.1 接炎試験

非難燃綿と各グレードの難燃綿を混合した目付150g/m<sup>2</sup>の不織布を用いて接炎試験（JIS L 1091 D法）による難燃性評価を行った。

## 2.2.2 水平法燃焼試験

水平法燃焼試験器（スガ試験機株式会社 MVSS-3）を用いて難燃性評価を行った。試料は、大きさ（100mm×356mm）、目付200g/m<sup>2</sup>の不織布を用いた。測定回数は20測定とした。各混綿率において燃焼距離（mm）及び燃焼時間（s）を測定し、燃焼速度（mm/min）を求めた。ただし、測定開始点まで炎が伝播しない試料が多くみられたので、測定開始点を越えて燃え広がった回数及び試料が熔融もしくは燃焼した面積による難燃性評価を行った。

## 2.2.3 酸素指数法燃焼試験

非難燃綿と難燃綿の3グレードにおいて各々の繊維綿の難燃性を酸素指数による評価をするため、酸素指数法（JIS L 1091 E法）による燃焼試験を試みた。目付は200g/m<sup>2</sup>とした。

## 2.3 耐光性評価

試料の大きさ（6.5cm×4cm）、目付200g/m<sup>2</sup>、色彩はブラック、ホワイト、ベージュ、グレー、ライトグレー、ブルーの6色を用いて耐光性評価を行った。耐光性試験

\*<sup>1</sup>三河繊維技術センター 産業資材開発室

は、オートフェードメーター（スガ試験機㈱FAL-AU・H）を使用してブラックパネル温度 63℃、相対湿度 50%RH の条件で光照射を行った。耐光試験時間は、JIS L 0842 の第 3 露光法による判定基準の 4 級、5 級、6 級、7 級の条件とした。また、分光測色計（ミノルタ㈱ CM-3600d）を用いて耐光性試験前後の試料表面の測色をし、色相の変化を評価した。

## 2.4 風合い特性評価

標準の捲縮条件の試料（以下「レギュラー」と記す。）は、捲縮特性：捲縮率 22%、残留捲縮率 12%、捲縮弾性率 53%、捲縮加工条件を弱めに設定した試料（以下「弱捲縮」と記す。）は、捲縮特性：捲縮率 13%、残留捲縮率 0%、捲縮弾性率 0% の 2 種の繊維綿について検討を行った。試作した不織布を用いて縦、横方向についてカトーテック㈱製の KES-F システム（Kawabata's evaluation system for fabric）を用いて、風合評価（せん断特性、曲げ特性、圧縮特性）を行った。

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 難燃性評価

#### 3.1.1 接炎試験による難燃性評価の検討

表 1～表 3 に各接炎試験の 5 測定平均値と JIS 判定値（5 測定中最少接炎回数）を示す。これらの結果から、非難燃綿と難燃綿 3 グレード共に難燃性の差異を確認できた。また、低難燃綿は非常にバラツキの大きい結果となった。

表 1 の低難燃綿については、難燃綿の混綿比率を高めるに従い、難燃性は向上する傾向がみられた。非難燃綿/難燃綿=50/50 では、平均値 3.0 及び JIS 判定値 3 を達成していた。しかしながら、非難燃綿/難燃綿=70/30 及び 0/100 において低い値も示された。

そのため、低難燃綿については、混綿方法や、添加している難燃剤の再検討が必要である。一方、中難燃綿及び高難燃綿については、表 2 及び表 3 から混綿比率と難燃性に相関性がみられた。加えて、非難燃綿/難燃綿=90/10 においても JIS 規格を満たしていた。

表 1 低難燃綿接炎試験結果

混綿比率（非／難）	平均値	JIS 判定値	
接炎回数 (回)	100/0	2.2	2
	90/10	2.2	1
	80/20	2.6	2
	70/30	2.0	2
	60/40	3.0	2
	50/50	3.0	3
	0/100	2.8	2

表 2 中難燃綿接炎試験結果

混綿比率（非／難）	平均値	JIS 判定値	
接炎回数 (回)	100/0	2.2	2
	90/10	3.2	3
	80/20	3.4	3
	70/30	3.6	3
	60/40	4.0	4
	50/50	4.4	4
	0/100	4.2	4

表 3 高難燃綿接炎試験結果

混綿比率（非／難）	平均値	JIS 判定値	
接炎回数 (回)	100/0	2.2	2
	90/10	3.0	3
	80/20	3.2	3
	70/30	3.4	3
	60/40	3.8	3
	50/50	3.6	3
	0/100	4.6	4

#### 3.1.2 水平法燃焼試験による難燃性評価の検討

水平法燃焼試験を行ったところ、多くのものが試料に接炎後、溶融して火から離れる（溶融滴下）、もしくは直ちに自己消火をした。各試料が測定開始点を越えて燃え広がった回数を表 4 に示す。各試料とも横方向に燃え広がり易い傾向がみられた。これは、炎が繊維方向に燃え広がり易い性質があるため、比較的繊維が曳き揃えられている横方向に燃え広がったと思われる。また、高難燃綿を 10wt%混綿した試料が、中難燃綿 30wt%混綿した試料よりも測定開始点を越えて燃え広がった回数が多くなった。この理由として、高難燃綿は配合割合が少ないため、局所的に難燃綿が分散できていない箇所があったことが考えられる。しかしながら、各試料とも燃焼距離及び燃焼時間は、小さいことが示された。そのため、十分な難燃性能を有していると思われる。

表 4 水平法燃焼試験結果

難燃綿の混綿率	測定開始点を越えた回数（回/20 測定）	
	縦方向	横方向
低難燃綿 25wt%	1	2
低難燃綿 50wt%	0	4
低難燃綿 75wt%	0	4
中難燃綿 30wt%	0	0
高難燃綿 10wt%	0	3

この試験では、測定開始点まで炎が達する前に自己消火もしくは試料が溶融滴下する試料が多くみられたため、

燃焼面積の比較を行った。各グレードの難燃綿の燃焼面積に関する度数分布図を図1～図5に示す。低難燃綿については混綿率条件を変えて評価を行ったが、難燃性に大きな変化がみられなかった。一方、中難燃綿は、30wt%混綿した試料でも高い難燃性を示していた。このことから、高い難燃性を有する綿を少量配合するより、適度な難燃性の綿を十分な量を配合して均一に分散させる方が高い効果が期待できることが示された。以上のことから、実際の不織布の難燃性能は、混綿での均一性、開繊方向などの不織布作製条件も難燃性能に影響することが明らかになった。

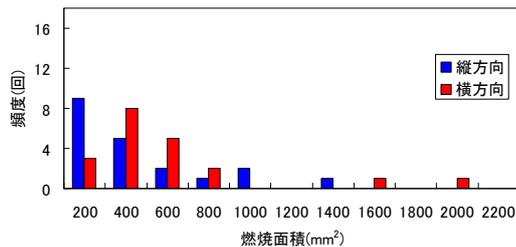


図1 低難燃綿 25wt% 燃焼面積結果

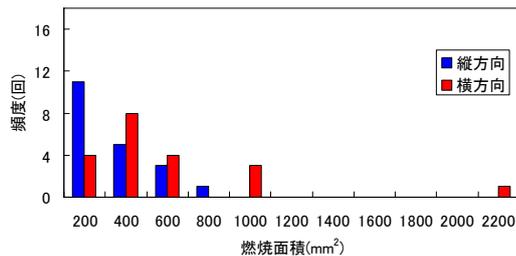


図2 低難燃綿 50wt% 燃焼面積結果

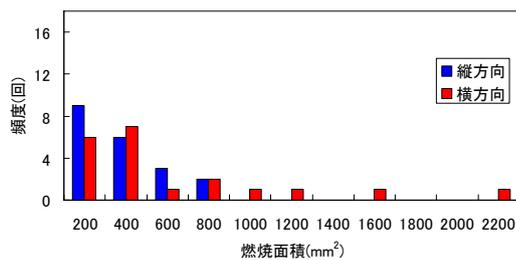


図3 低難燃綿 75wt% 燃焼面積結果

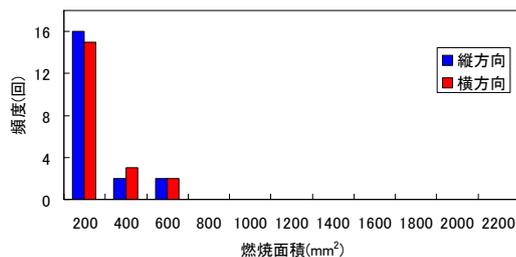


図4 中難燃綿 30wt% 燃焼面積結果

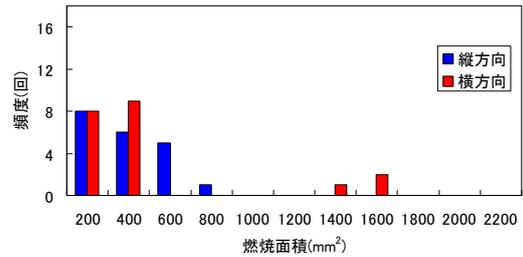


図5 高難燃綿 10wt% 燃焼面積結果

### 3.1.3 酸素指数法燃焼試験

表5に酸素指数法燃焼試験結果を示す。原料に細物単糸織度の繊維綿を使用した不織布は、通常単糸織度の繊維綿を使用したものに比べ、難燃綿の3グレード全て難燃性が低い結果となった。一方、非難燃綿については、原料が通常単糸織度と細物単糸織度の繊維綿であっても、難燃性に大きな差がない結果となった。これらの結果は、繊維が細くなることによる繊維中の難燃剤の分散の問題及び、繊維自身が細くなることで空気との接触面積が増えたことが原因だと考えられる。

表5 酸素指数法燃焼試験結果

	非難燃綿	低難燃綿	中難燃綿	高難燃綿
通常織度	21.5	25.4	26.8	28.4
細物織度	21.7	22.6	23.5	23.7

### 3.2 耐光性評価

図6～図7に耐候性試験結果を示す。図6より非難燃綿のホワイト色が、4級の条件の時点で色差 ( $\Delta E^*ab$  値) 1を超えており、変色が確認された。他色については、6級までは概ね良好であった。また、図7から低難燃綿については、ホワイト色、ベージュ色の色変化が大きかった。特にホワイト色は4級の時点で色差3を超えていた。また、ベージュ色に関しても5級の条件で色差2を超えた。ベージュ色については他色に比べて淡色であるため、顔料や難燃剤が光照射により変退色した影響が大きく表れたためだと推測される。他の色については、6級までは概ね良好であった。

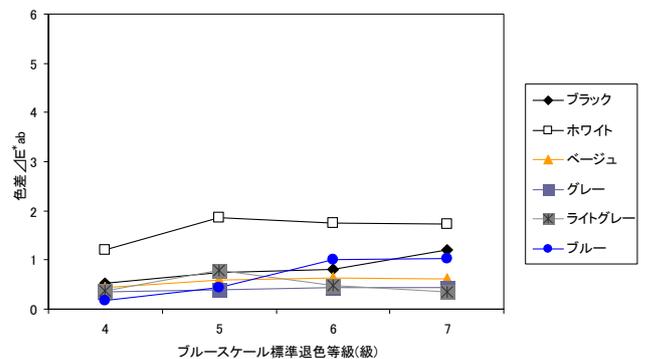


図6 非難燃綿耐光性試験結果

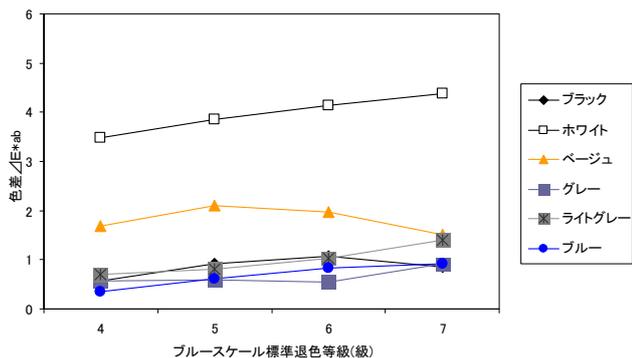


図7 低難燃綿 75wt% 耐光性試験結果

### 3.3 風合い特性評価

表6にせん断特性試験結果を示す。せん断剛性 $G$  ( $\text{gf/cm}\cdot\text{deg}$ )は、縦方向、横方向共に、弱捲縮の方が大きいため、せん断に対する抵抗が大きく、剛性が高いことが示された。ヒステリシスについては、縦方向では差が少なかったが、横方向では弱捲縮の方が $0.5^\circ$ におけるヒステリシス幅 $2HG(\text{gf/cm})$ 、 $5^\circ$ におけるヒステリシス幅 $2HG5(\text{gf/cm})$ が共に大きく、回復性が低いことが示された。この原因として、レギュラーの方が柔軟で自由度が高いため、元の形状に回復しやすいのではないかと推定された。

表7に曲げ特性試験結果を示す。曲げ剛性 $B$ は縦横の方向性に関係なく、捲縮性が弱い方が曲げ剛性 $B$ が大きかった。これは、弱捲縮の方が糸の直線部分が多く、弾性が高いためであると思われる。また、曲げの回復特性であるヒステリシスの幅 $2HB$ についても、弱捲縮の方が大きい値を示し、回復性が低い値となった。

表8に圧縮特性試験結果を示す。圧縮特性の線形性 $LC$ に差は見られず、圧縮エネルギー $WC$ はレギュラーの方が大きかった。圧縮のレジリエンス $RC$ は弱捲縮のほうが大きく、回復性が低くなり、このため最大荷重時の厚さ $TM$ は弱捲縮の方が大きかった。これはレギュラーの方が、不織布を製造する際に繊維が絡みやすいため、不織布としてつぶれにくくなり、圧縮エネルギーが大きくなったためだと思われる。

表6 せん断特性結果

試料		$G$ ( $\text{gf/cm}\cdot\text{deg}$ )	$2HG$ ( $\text{gf/cm}$ )	$2HG5$ ( $\text{gf/cm}$ )
弱捲縮	縦方向	1.68	7.85	8.40
	横方向	1.74	9.28	9.33
レギュラー	縦方向	1.52	8.10	8.40
	横方向	1.54	7.95	8.53

表7 曲げ特性結果

試料		$B$ ( $\text{gf/cm}\cdot\text{deg}$ )	$2HB$ ( $\text{gf/cm}$ )
弱捲縮	縦方向	1.72	2.49
	横方向	1.87	2.58
レギュラー	縦方向	1.24	1.61
	横方向	1.66	2.00

表8 圧縮特性結果

試料	$LC$	$WC$ ( $\text{gf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$ )	$RC$ (%)	$TM$ (mm)
弱捲縮	0.49	2.92	55.9	3.31
レギュラー	0.49	3.43	53.9	2.78

## 4. 結び

開発された難燃繊維綿から作製した不織布の性能評価は以下の通りである。

- (1) 着色難燃繊維不織布の難燃性能評価を行ったところ、接炎試験と水平法燃焼試験及び酸素指数法の燃焼試験結果から、非難燃綿と難燃綿（低難燃、中難燃、高難燃の3グレード）の難燃特性を把握することができた。特に接炎試験は不織布の最適な混綿率の探索を行うのに適していた。また、一般的に自動車用内装材としての難燃性評価に用いられる水平法燃焼試験でも、繊維綿の配合比率が、低難燃綿から高難燃綿になるに従って少なくできることが明らかになった。
- (2) オートフェードメーターを用いた耐光性評価において、色差によってほぼ耐光性能を把握することができた。その結果、非難燃綿ではホワイト色が、難燃綿においてはホワイト色及びベージュ色の変退色が確認された。しかし、その他の色彩では大きな色差はみられなかった。
- (3) 作製した不織布を用いてKES-Fシステムで風合い評価（せん断特性、曲げ特性、圧縮特性）と繊維束の捲縮率、残留捲縮率、捲縮弾性率などの捲縮性能評価から、捲縮が弱いほどせん断に対する抵抗が大きく、曲げ剛性が高いなどの傾向が得られ、相関があることが示された。このことから、不織布の風合いに捲縮性能が大きく寄与していることを確認できた。

## 付記

本研究は、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業（高弾性と多彩な色彩を有する高機能性着色難燃繊維製造技術の確立）として、株式会社高木化学研究所及び国立大学法人豊橋技術科学大学との共同研究で実施した成果の一部である。