

可染PP繊維を利用した軽量、保温、速乾インナーの開発(第2報)

林浩司、奥村和之

Development of Lightweight, warm and quick-drying inner wear using dyable PP fiber(II)

Koji HAYASHI and Kazuyuki OKUMURA

軽量、保温、速乾性の高いインナー、Tシャツ等の繊維製品を開発することを目的として、これまで産業技術センターで検討を行ってきた染色可能なポリプロピレン繊維の作製技術を活用して、綿番40番単糸の可染PP紡績糸を作製し、糸、布の各種特性、及び羊毛との染色同色性の向上を調査検討した。作製した布は、保温性、乾燥性に優れ、綿と2層構造の生地とすることで着用時にドライ感の優れた生地が得られることがわかった。染色助剤を検討することで、可染PP繊維と羊毛の染色同色性の改善がみられた。

1. はじめに

ポリプロピレン(以下PP)繊維は密度が 0.91g/cm^3 と軽量であり、保温性が高く乾燥性が優れている。しかしながら、染色することができない等の理由により、用途は家庭用資材、産業用資材が中心で、衣料用PP繊維の生産量は、現状全PP繊維の0.1%にも満たない。

このような背景のもと、産業技術センターでは、ある種の共重合ナイロンを適切な粘度のPP樹脂にブレンドして熔融紡糸することで、紡糸性よく糸を作製することができ、酸性染料を使用した一般的な方法で、染色堅ろう度良く染色できること、高分子型のヒンダードアミン系酸化防止剤(HALS)をPP繊維に練り込むことで酸化発熱が抑制されることなどを明らかにしてきた^{1)~5)}。

そこで今回、染色可能なPP(可染PP)繊維の作製技術を利用して、軽量、保温、速乾機能を持つインナー、Tシャツ等の開発を行う事を目的に、細番手の可染PP紡績糸を作製し、各種特性について調査検討を行った。また、可染PP繊維を羊毛と混用する場合を想定し、2者を同色に染色するための基礎技術の検討を行った。

2. 実験

2.1 紡績糸の作製

企業の協力を得て、表1に示す組成で1.5dtex、カット長38mmの可染PP原綿を作製し、より数23.4回/インチで綿番40番の単糸を作製した。酸化発熱による発火の対策として、日本化学繊維協会が規定する「PP繊維の酸化発熱試験方法(加速法)」⁶⁾により、昨年度、酸化発熱現象が起きないことを確認したヒンダードアミン系の酸化防止剤(HALS)を添加した⁵⁾。

表1 作製した可染PP短繊維わたの組成

添加割合	ポリプロピレン	94.5%
	共重合ナイロン	5.0%
	酸化防止剤	0.5%

2.2 生地の作製

可染PP紡績糸、同番手の綿コマ糸(より数24.0回/インチ)及びポリエステル紡績糸(原綿:1.3d、カット長:44mm、より数:20.68回/インチ)を使用して、フライス組織(編み機釜径12寸、18ゲージ)の編地と、可染PP紡績糸と綿コマ糸、ポリエステル紡績糸と綿コマ糸をそれぞれ交編して、表裏2層構造の両面編地(編み機釜径30インチ、24ゲージ)を作製した。

2.3 物性

糸の強さ及び伸び率は、JIS L 1095:2010により評価した。糸の直径は、ハンディー圧縮試験機(カトーテック(株) KES-G5)を使用し、圧縮端子が2.45mNを感知した時の高さとした(紡績糸1本で評価、 $n=10$)。布の各物性はJIS L 1096:2010により、単位面積当たりの質量:A法(JIS法)、厚さ:A法(JIS法 荷重0.7kPa)、かさ高性、引張強さ:B法(カットストリップ法、幅25mm、つかみ間隔70mm、引張速度70mm/分)、破裂強さ:A法(ミューレン形法)、引裂き強さ:D法(ペンジュラム法)、及び摩耗強さ:A-1法(平面法 C_w-C-P 1200使用)を評価した。JIS L 1076:2006 B法(ICI形)によりピリングを評価した。

2.4 保温性、乾燥性、着用時のドライ感

生地を下記条件で精練した後、保温性、乾燥性、着用時のドライ感を評価した。

・精練条件

炭酸ナトリウム:2g/L

アニオン性界面活性剤(センカ(株) センカノール LW-21):2g/L

温度、時間:80°C、30分を2回繰り返す

・保温性

精密迅速熱物性測定装置(カトーテック(株) サーモラボ II型)を使用し、20°C65%RH条件下、ドライコンタクト法により、BT板30°C、風速1m/sで放熱量を測定し、下式により保温率を算出した。

$$\text{保温率}(\%) = (W_0 - W) / W_0 \times 100$$

W_0 : サンプルを取り付けないときの放熱量

W: サンプルを取り付けたときの放熱量

・乾燥性

JIS L 1096を準用した。生地を十分に吸水させた後、一定条件で脱水し、20℃65%RH条件下、吊り下げ乾燥を行い、下式により水分率(%)及び乾燥率(%)を算出した。

$$\text{水分率(\%)} = \text{水分量} / \text{生地乾燥重量} \times 100$$

$$\text{乾燥率(\%)} = \text{蒸発水分量} / \text{初期水分量} \times 100$$

・着用時のドライ感

着用時のドライ感評価については、試験方法が定まっていなため独自の方法で行った。汗を想定して生地に蒸留水0.1mlを滴下し、生地が吸水した後、吸水部分にろ紙を置き40g/cm²の荷重を加えた。一定時間後荷重を取り去り、ろ紙の吸水状況を評価した。水分の付着状態がよくわかるように、蒸留水には染料を添加した。

2. 5 染色及び測色

羊毛(1/30)、及び昨年度作製した可染PP紡績糸(23/-)を使用し⁵⁾、筒編み試験機(釜径3.5インチ、20ゲージ)でそれぞれ編地を作製した。精練後、日本化薬(株)製リング型酸性染料を使用して同浴で染色し、ソーピングを行った。図1に染色条件、表2に使用した染色助剤を示す。染色助剤の濃度はメーカー推奨値を参考とした。

・精練条件

炭酸ナトリウム: 2g/L
 アニオン性界面活性剤(センカ(株) センカノールGL-100): 2g/L
 温度、時間 : 80℃(羊毛は40℃)、30分

・染色条件

染料 : Kayanol Milling Red BW 0.05%o.w.f.
 浴比 : 1対20
 染色助剤 : 0~5g/l
 染浴 : pH4.0(酢酸30g/L, 酢酸アンモニウム10g/L)

・ソーピング条件

アニオン性界面活性剤(センカ(株) センカノールCW) : 2g/L
 温度、時間 : 80℃、30分

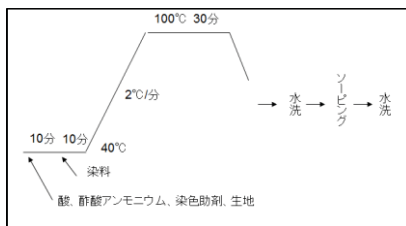


図1 染色条件(温度、時間)

表2 染色助剤

名前	成分
A ナイロン・羊毛の同色化剤 (ナイロン選択的緩染剤)	芳香族スルホン酸縮合物
B ナイロン緩染剤	硫酸エステル加工物
C ナイロン緩染剤	含窒素系非イオン界面活性剤
D 羊毛緩染剤	含窒素系非イオン界面活性剤
E 酸性染料溶解剤	アルキロールアミド誘導体

測色は、コニカミノルタ(株)製分光測色幾何CM-3600dを使用し、JIS Z 8722:2009(幾何条件C 光源D65、10度視野)に準拠して行った。染色濃度は、最大吸収波長における反射率RからKubelka-Munkの式により算出した染色濃度(K/S)で評価し、染色同色性は、色差(ΔE*ab)により評価した。

$$\text{Kubelka-Munk式 } K/S = (1 - R)^2 / 2R$$

3. 結果及び考察

3. 1 可染PP紡績糸の作製と物性

これまでの検討で、表1と同組成において3.3dtexの比較的太織度の可染PP原綿と、それを使用した綿番24番手の可染PP単糸を問題なく作製できることがわかっている⁵⁾。本検討では、可染PP繊維を使用した薄手の機能性インナーの開発を目標としているため、1.5dtexの原綿と、これを使用した綿番40番単糸の作製を試みた。その結果、紡糸条件等の一部改良することで、1.5dtexの可染PP原綿、及び綿番40番手の単糸を作製することができた。作製した紡績糸の外観を図2に示す。



図2 可染PP紡績糸

表3に作製した可染PP紡績糸(40/-)、比較としてポリエステル紡績糸(40/-)、及び綿コマ糸(40/-)の引張強さ、伸び率、及びU%を示す。可染PP紡績糸の強度は、ポリエステル糸と比較すると弱いものの、実用上問題の無い値を示していた。昨年度試作した可染PP紡績糸(24/-)と同様、伸びが比較的高かった。

一方、昨年度可染PP紡績糸(24/-)を作製した際の課題として、作製した紡績糸の強度は満足いく値であるものの、ばらつきが大きいことが挙げられた。これは試作した紡績糸の番手に対して、原綿の織度が3.3dtexと太く、カット長が79mmと長いためであると推察された。本検討で、原綿を1.5dtexと細くし、カット長を38mmと短くすることで、変動係数の小さな品質の安定した糸を得ることができた。糸むらを表すU%は、可染PP紡績糸が10.9%であり、ポリエステル、綿

糸と同等レベルあった。

表3 引張強さ、伸び率及びU%

	破断強度		破断伸度		U%
	強度(N)	変動係数(%)	伸度(%)	変動係数(%)	
可染PP 40/-	2.8	9.3	18.2	10.5	10.9
綿 40/-	2.1	15.6	4.2	12.7	10.5
PET 40/-	4.7	7.8	10.0	5.3	11.0

3. 2 生地作製の物性

ポリエステル紡績糸及び綿糸は、18ゲージの編み機でフライス組織の生地を作製できたのに対し、可染PP紡績糸は、ほんのわずかではあるものの生地欠点が発生した。これは表4に示す様に、可染PP紡績糸の糸径が、同番手のポリエステル紡績糸、綿糸と比較して太いためであると考えられる。可染PP繊維はポリエステル等の適正ゲージよりややローゲージで編成する必要がある。

紡績糸の糸径を決める要素としては、原綿の単糸繊度と捲縮率、捻糸数、紡績条件等様々あるものの、これら条件はほぼ同じである。しかしながら、可染PP繊維の密度は0.92g/cm³と、ポリエステルの密度1.38 g/cm³と比較して30%以上小さく⁴⁾、それぞれの繊度から計算で求めた単糸直径は、ポリエステルの11.5 μmに対し、可染PP繊維は14.4 μmと1.25倍も太い。その結果、紡績糸が太くなったと思われる。

作製した生地の物性を表5、6に示す。可染PP生地の引張り強度、破裂強度、引き裂き強度、摩擦強度に問題はみられなかったが、ピリングにやや課題が残った。

表4 紡績糸の直径

	直径(mm)	変動係数(%)
可染PP 40/-	0.264	12.8
綿 40/-	0.203	9.4
PET 40/-	0.206	6.9

表5 生地の物性(I)

	単位面積当たりの質量(g/m ²)	厚さ(mm)	かさ高性(cm ³ /g)
可染PP フライス	205.5	1.1	5.4
PET フライス	175.7	0.83	4.7
綿 フライス	177.4	0.85	4.8
可染PP/綿 2層	225.9	1.5	6.6
ポリエステル/綿 2層	216.1	1.46	6.8

表6 生地の物性(II)

	引張強さ(N)	ピリング(級)	破裂強さ(kPa)	引き裂き強さ(N/ウェール方向)	摩擦強さ(回)
可染PP フライス	256	2.5	1066	32.8	152
ポリエステル フライス	249	2	948	35.8	199
綿 フライス	175	4.5	770	24.8	134

3. 3 保温性、乾燥性、衣服着用時のドライ感

図3に各フライス生地の保温率を示す(エラーバーは±標準偏差を示す)。可染PP生地の保温性が優れていることがわかる。

図4、5に可染PPフライス生地、綿フライス生地の乾燥性を示す。可染PP生地は脱水後の水分率が低く、乾燥性に優れていることがわかる。

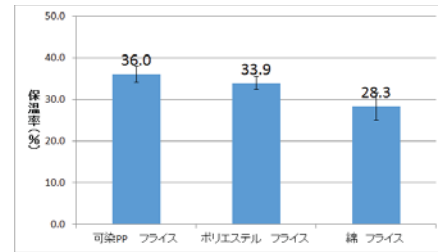


図3 保温性

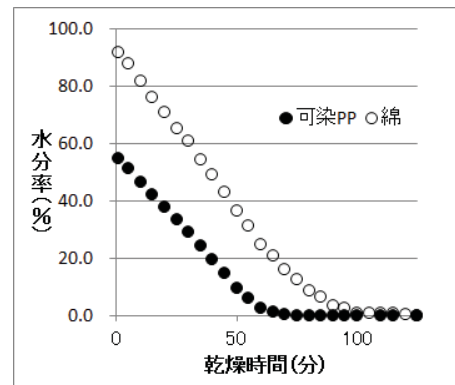


図4 乾燥性(水分率)

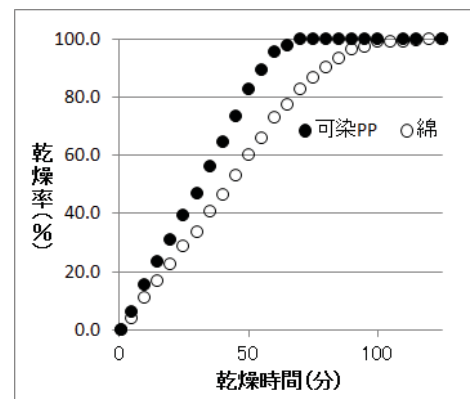


図5 乾燥性(乾燥率)

図6に、衣服着用時のドライ感の評価として、2層構造生地の合繊側を上にして水滴を滴下した場合のろ紙吸水状況を示す(肌に合繊面が接するようにシャツを作製した場合を想定した)。その結果、可染PP/綿2層構造生地は、ポリエステル/綿2層構造生地と比較して、ろ紙への水分付着がほとんど認められなかった。この結果は、可染PP繊維に滴下した水が、ポリエステル繊維に滴下した場合と比較して、生地裏の綿側に速やかに拡散したことを示しており、肌側の繊維がドライに保たれ、その結果、ムレ感の少ない快適な衣服内環境を達成できることを示している。この結果は、汗冷えの低減にも効果があると考えられる。

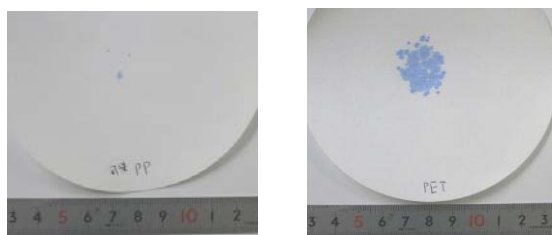


図6 ろ紙の吸水状況(左:可染PP紡績糸/綿2層構造生地、右:ポリエステル紡績糸/綿2層構造生地)

3. 4 同色性

表7のとおり染色助剤を添加して、可染PP繊維と羊毛の編地を同浴で染色したときの染色濃度及び色差を図7、表8に示す。

染色助剤を添加しないと(No.1)、羊毛は可染PP繊維より非常に濃く染色され、色差は21.0と極めて大きかった。通常、羊毛とナイロン6繊維(以下ナイロン)を同浴で染色すると、ナイロンの染着速度が速いため、ナイロンが濃色になる。本検討では、可染PP繊維には、ナイロンに比較して濃色性の優れている共重合ナイロンをブレンドしているものの、繊維中にわずか5%しか含まないため羊毛の方が濃く染まったと考えられる。

一方、両繊維を同色に染めるために使用される、同色化剤(ナイロン選択的緩染剤)を添加すると(No.2)、共重合ナイロンが添加されている可染PP繊維に対してのみ緩染効果が働き、色差がさらに大きくなった。

これに対して、No.3、4のようなナイロン緩染剤を使用すると、両繊維に緩染作用が働き、同色性は相対的にわずかに改善された。

一方、No.5に示すような羊毛緩染剤を使用すると、羊毛のみに緩染効果が発現して同色性が改善され、また、No.6に示すような酸性染料溶解剤を使用すると、色差は依然大きいものの、同色性がさらに改善されることが分かった。

表7 染色助剤の添加条件

No.	名前	薬剤濃度
1	助剤なし	-
2	A ナイロン・羊毛の同色化剤(ナイロン選択的緩染)	2.5g/l
3	B ナイロン緩染剤	2g/l
4	C ナイロン緩染剤	2g/l
5	D 羊毛緩染剤	0.5g/l
6	E 酸性染料溶解剤	5g/l

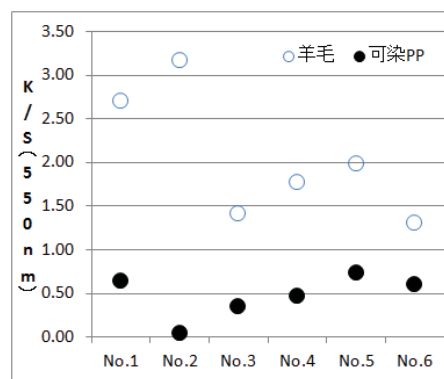


図7 染色濃度

表8 色差

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
ΔE^*_{ab}	21.0	54.9	19.4	19.0	14.4	12.7

4. まとめ

当所のオリジナルな技術である可染PP繊維の作製技術を利用して、軽量、保温、速乾インナー等の開発を目指して検討を行った。その結果、可染PP生地は、ピリングにやや課題が残ったものの、保温性、乾燥性に優れ、綿との2層構造生地は、着用時ドライ感があり、汗冷え低減に効果的であると考えられた。染色助剤を検討することで、可染PP繊維と羊毛との染色同色性の改善がみられた。

【参考文献】

- 1) 林ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.3, PP15-18, 2009
- 2) 立川ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.4, PP24-27, 2010
- 3) 立川ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.5, PP38-41, 2011
- 4) 林ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.7, PP23-26, 2013
- 5) 林ら, 平成24年度繊維学会秋季研究発表会予稿集, 67巻, 2号, p14
- 6) ポリプロピレン繊維の取り扱いについて, 日本繊維化学協会, 2012年12月改訂

Abstract

We studied the development of lightweight, warm and quick-drying inner wear using dyeable PP fiber.

Knitted fabric made of dyeable PP spun yarn showed lightweight, warm, quick-drying and dry touch.