

可染PP繊維を利用した軽量、保温、速乾インナーの開発(第1報)

林 浩司、奥村和之

Development of Light weight, warming and quick-drying inner wear using dyable PP fiber(I)

Koji HAYASHI and Kazuyuki OKUMURA

軽量、保温、速乾性の高いインナー、Tシャツ、ブランケット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紡績糸を作製し、糸の物性、染色性等を調査検討した。作製した糸は満足できるレベルの染色濃度と染色堅ろう度を示し、水に浮くほど軽量で、速乾性に優れ、酸化発熱現象も抑えられることが分かった。

1. はじめに

ポリプロピレン(PP)繊維は、密度が 0.91g/cm^3 と繊維中最も軽量な素材であり、熱伝導率が低く、また公定水分率が0.0と極めて高い疎水性を示すため、軽量、保温、速乾性の優れた繊維素材として期待が大きい。しかしながら、PP繊維は一般的な方法で染色することができないため、現状、原着による手法が行われており、染色堅ろう度は優れているものの、黒、紺などのベーシックな色が基本で、小ロットの多色展開が困難である。特に、ファッション性が高く求められる衣料向けには、糸や生地での染色で得られるような多色展開は必要不可欠である。

一方、PP繊維は、セルロース系繊維との混用時、PP繊維に練り込まれた酸化防止剤がドライクリーニングや漂白の繰り返し処理で損傷し、タンブラー乾燥等することで酸化発熱現象が急激に進行して、その結果セルロース系繊維が発火するという事故が1960～70年代に度々発生して問題になった¹⁾。以降、特にセルロース系繊維との混用品については、製造、販売等が自主規制され、市場にはほとんど流通していない。

そのような中、平成25年1月「日本化学繊維協会におけるPP酸化発熱問題への対応と衣料用途・寝装用途での自主規制の見直しについて」において、“安全性の確保されたPP繊維”の確認試験方法が規定された²⁾。この試験方法は、ドライクリーニング、又は漂白剤を含んだ水洗い洗濯を繊維に繰り返し行った後、繊維を 150°C に加熱し、その後の繊維の温度変化を評価するという加速試験法であり、この試験で酸化発熱が認められなかった繊維は、“安全性の確保されたPP繊維”としてセルロース系繊維との混用が自主規制の対象から除外されるようになった(ただし、使用に当たってはドライクリーニングをしないこと、漂白剤を使用しないこと、としており、その他、取引先等への周知徹底を図る、取扱絵表示ラベルを取り付けること等が必要である)。

このようにPP繊維を取り巻く環境は最近大きく変化しており、PP繊維の優れた特性から、今後、衣料・寝装用途他への普及が大きく進むと予想される。

この様な背景のもと、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、繊維は酸性染料を使用した一般的な方法で色彩鮮やかに染色できる事を明らかにしてきた^{3)～6)}。また、高分子型のヒンダードアミン系酸化防止剤(HALS)をPP繊維に練り込む事で、酸化防止剤の損傷を抑えることができることを確認し⁵⁾、PP繊維の酸化発熱を抑制できる可能性を示してきた。

そこで今回、当所でこれまで検討を重ねてきた染色可能なPP(可染PP)繊維の作製技術を利用して、色鮮やかな軽量、保温、速乾インナー、Tシャツ、ブランケット等の開発を行う事を目的に、可染PP紡績糸の作製、紡績糸の物性、染色性、染色堅ろう度、乾燥性、及び酸化発熱の抑制について調査検討を行った。

2. 実験

2. 1 可染PP紡績糸の作製

表1に示す組成で可染PP短繊維わたを作製し、綿番24番単糸の紡績糸を20kg作製した。染色成分である共重合ナイロンはPPに5%の割合でブレンドした。ここで使用した酸化防止剤は、これまでの検討においてドライクリーニングを繰り返し行った後でも、赤外分光(IR)及び引張り強度の結果から、酸化防止剤の損傷が起きないことが分かっている高分子型のヒンダードアミン系酸化防止剤である⁵⁾。

表1 作製した可染PPわた

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%
単糸繊維	3.3dtex	
けん縮条件	レギュラー	
繊維カット長	79mm	

2. 2 糸物性

引張り強さ及び伸び率はJIS L 1096により評価し($n=20$)、密度はJIS L 1013によりエタノールで脱油後、密度勾配管法(水-エタノール系)により測定した($n=3$)。

2. 3 染色

筒編み試験機(釜径3.5インチ、20ゲージ)で編み地を作製した。精練後、ミリング型酸性染料を使用して染色を行い、ソーピングを行った。その後染料濃度5%o.w.f.で染色したサンプルのみフィックス処理を行った。Scarlet FGW染料については、染液のpHを3.1に下げた条件でも染色した。下記に各処理条件、図1に染色の温度時間条件を示す。

・精練条件

精練剤 : センカノールGL-100(センカ(株)) 2g/L
アルカリ : 炭酸ナトリウム 2g/L
温度、時間 : 80℃、30分

・使用した染料

Kayanol Milling型酸性染料3原色(日本化薬(株))
黄系 : Yellow 5GW
赤系 : Scarlet FGW、Red BW
青系 : Blue 2RW、Blue BW

・染色条件

染料濃度 : 0.1、0.25、0.5%o.w.f.
浴比 : 1対16
均染剤 : ミグレガールN-48(センカ(株)) 2g/L
染浴 : pH4.0(酢酸30g/L, 酢酸アンモニウム10g/L)
or pH3.1(酢酸30g/L, 酢酸アンモニウム1g/L)

・ソーピング条件

洗浄剤 : センカノールCW(センカ(株)) 2g/L
温度、時間 : 80℃、30分

・フィックス条件

フィックス剤 : ナイロンフィックス501(センカ(株)) 2%o.w.f.
温度、時間 : 80℃、30分

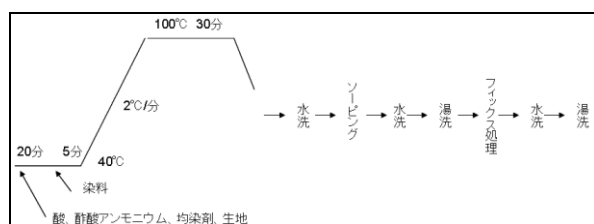


図1 染色条件(温度、時間)

2. 4 測色

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)により測色した。最大吸収波長における染色濃度(K/S)で色濃度を評価し、色彩はJIS Z 8729:2004による色相・彩度(L*a*b*)で表示した。

2. 5 染色堅ろう度

下記項目の染色堅ろう度を評価した。添付白布は綿及びナイロンを使用した。

・耐光堅ろう度 JIS L 0842:2004 第3露光法(3級)
・洗濯堅ろう度 JIS L 0844:2005 A-2
・水堅ろう度 JIS L 0846:2004
・汗堅ろう度 JIS L 0848:2004 酸、アルカリ
・摩擦堅ろう度 JIS L 0849:2004 II型 乾、湿

・汗耐光堅ろう度 JIS L 0888:2005 B法 酸、アルカリ
・塩素処理水堅ろう度 JIS L 0884:2005 A法

2. 6 乾燥性

筒編み試験機で作製した編み地を用いて、JIS L 1096を準用して20℃、65RH%条件下乾燥性を評価した。生地を十分に吸水させた後、一定条件で脱水処理を行い評価した。

2. 7 酸化発熱試験

可染PP紡績糸、及び表1において酸化防止剤を添加せずに作製したマルチフィラメント(100dtex/24f)から各々筒編み地を作製し、日本化学繊維協会が規定する「ポリプロピレン繊維の酸化発熱試験方法(加速法)」²⁾を行った。繊維の前処理は、水洗い処理及びドライクリーニング処理(パークロロエチレン溶剤)を行った。前処理した生地を数枚重ね150℃に設定した恒温乾燥機に設置し、時間経過に対する繊維の温度を評価した。

水洗い処理:「JIS L 0217 103法10回後タンブル乾燥(60℃30分)」を10回繰返し。使用洗剤 アタック、漂白剤ハイター(2.3ml/L) いずれも 花王(株)。

ドライクリーニング処理:「JIS L 1096 J-1法後タンブル乾燥(60℃30分)」を10回繰返し。

3. 結果及び考察

3. 1 可染PP短繊維ワタ及び紡績糸の作製

作製した紡績糸の外観を図2に示す。紡績工程において静電気の発生が認められたため、静電防止剤を付与した以外は、大きなトラブル無く糸を作製することができた。PP繊維は水分率が0であるため、静電気が特に発生しやすくその対策が必要である。



図2 可染PP紡績糸

3. 2 可染PP紡績糸の特性

表2に作製した可染PP紡績糸(24/-)、比較として、ポリエステル紡績糸(20/-)、綿(20/-)、TC(ポリエステル:70、綿:30、20/-)の引張強さ及び伸び率を示す。可染PP紡績糸の強度は、これより太番手である綿及びTCに比べて大きく、実用上問題の無い強度を有していたが、変動係数の大きいばらつきのある糸であった。これは、このクラスの番手の紡績糸としては、使用している単繊維の繊維度が3.3dtexとかなり太く、一般的な紡績糸の繊維構成本数と比較して1/2〜2/3程度の繊維しか含まれていないこと、及び、繊維長が79mmと比較的長いこと、等に起因するためと考えられる。今後、高強度でばらつきの小さい可染PP紡績糸を得る為には、最低でも単糸2.0dtexクラスの可染PP綿の作製が必要である。

表2 引張り強さ及び伸び率

		引張り破断強度		引張り破断伸び	
		強度 (N)	変動係数 (%)	伸び (%)	変動係数 (%)
可染PP紡績糸 24/-		5.0	14.1	23.7	11.4
綿 20/-		4.7	5.6	6.6	6.7
比較 対照	PETスパン糸 20/-	11.3	5.9	12.1	4.0
	T/C(70/30) 20/-	3.4	7.6	11.1	6.9

JIS L 1095 準用(幅み間隔:50cm、引張り速度:300m/min、n=20)

可染PP紡績糸の密度は0.92g/cm³であり、PP繊維の密度0.91g/cm³と大きな変化はなく、優れた軽量性を示すことが分かった。これは、ナイロンが密度の低い軽量な材料の一つであり(密度:1.14g/cm³)、添加率も5%と低く抑えているためである。

3. 3 染色性

表3に染色サンプルの測色結果を示す。染色した可染PP繊維の色濃度は、同条件で染色したナイロンの染色サンプルと比較すると淡色ではあるものの、ほぼ満足できる色濃度で染めることができた。また、可染PP繊維の色相は、ナイロンの色相と若干異なった。色合わせを行うには、可染PP独自の染色基礎データの蓄積が必要である。

染料の吸塵性に関しては、今回、比較的低い染料濃度で染色を行ったにも関わらず、ほとんどの条件において染色残液に着色が認められた。使用した共重合ナイロンは、ナイロン6に比べて、染料吸塵率が高く濃色に染まること分かっているが³⁾、共重合ナイロンは繊維中に5%しか添加されていないため、実際の染料濃度は染色可能な樹脂(共重合ナイロン)に対して非常に高濃度である。この染色条件において染料の吸塵はほぼ飽和している。

染料の吸塵率を上げるため、Scarlet FGW染料について、染液のpHを3.1に低くして染色を行ったところ、pH4.0における染色に比べて濃色に染色された。ナイロンの染色において、染液のpHを低くすると濃色に染色されることはよく知られているが、酸性染料は染料の吸塵性が優れているため、pHを必要以上に低くしなくても実用上満足できる色濃度で染めることができ、pH4以下での染色はほとんど行われていない。可染PP繊維の染色において、染液pHを低く設定すること、追酸の実施などにより、染料の吸塵率を上げ濃色化する方法が有効である。

表3 染色した可染PP生地の測色結果

染料 (Kayanol milling)	染料濃度 (%o.w.f.)	CIE L*a*b*表示系(JIS Z 8729)			最大染色濃度 K/S(波長)
		L	a	b	
Yellow 5GW	0.10	89.92	-5.22	33.03	0.72(420nm)
	0.25	90.25	-7.17	46.40	1.30(420nm)
	0.5	90.62	-6.02	54.62	1.82(420nm)
Scarlet FGW	0.10	76.40	32.55	16.68	0.94(500nm)
	0.25	72.21	39.03	21.38	1.55(500nm)
	0.5	70.82	42.71	23.66	1.90(500nm)
	0.5/pH3.1	69.73	44.80	25.22	2.20(500nm)
Red BW	0.10	72.56	35.03	-7.70	0.79(560nm)
	0.25	66.64	42.36	-6.74	1.36(560nm)
	0.5	63.81	44.94	-6.33	1.77(560nm)
	0.5/pH3.1	56.81	48.19	-7.12	3.00(560nm)
Blue BW	0.10	71.26	-8.87	-20.38	0.79(600nm)
	0.25	61.32	-9.39	-26.90	1.83(600nm)
	0.5	64.68	-9.21	-25.14	1.39(600nm)
Blue 2RW	0.10	75.07	-2.37	-20.47	0.51(620nm)
	0.25	60.26	1.45	-33.37	1.79(620nm)
	0.5	61.65	1.38	-32.96	1.61(620nm)

3. 4 染色堅ろう度

染料濃度0.5%o.w.f.で染色したサンプルの染色堅ろう度を評価した。結果を表4、5に示す。

表4 染色した可染PP生地の染色堅ろう度(I)

項目	区分	Yellow 5GW 0.5%o.w.f.	Scarlet FGW 0.5%o.w.f.	Scarlet FGW 0.5%o.w.f. (pH3.1)
耐光(3級)	〈級〉	3以上	3	3
洗濯(A-2)	変退色〈級〉	4-5	4-5	4-5
	汚染〈級〉	4-5	4-5	4-5
汗	酸性	↗	↗	↗
	変退色〈級〉	5	5	5
	汚染〈級〉	4-5	4-5	4-5
	アルカリ性	↗	↗	↗
	変退色〈級〉	5	5	5
	汚染〈級〉	4-5	4	4
摩擦 (Ⅱ型)	汚染〈級〉乾	4-5	4-5	5
	湿	4-5	4-5	4-5
水	変退色〈級〉	5	5	5
	汚染〈級〉	4-5	4	4
塩素処理水 (A法)	変退色〈級〉	4-5	4-5	4-5
	酸性	↗	↗	↗
汗耐光 (B法)	酸性	4-5	4	3-4
	アルカリ性	4-5	4	3-4

表5 染色した可染PP生地の染色堅ろう度(Ⅱ)

項目	区分	Red BW 0.5%o.w.f.	Blue BW 0.5%o.w.f.	Blue 2RW 0.5%o.w.f.
耐光(3級)	〈級〉	3未満	3以上	3以上
洗濯(A-2)	変退色〈級〉	4-5	4	4-5
	汚染〈級〉綿	4-5	4-5	4-5
汗	酸性	↗	↗	↗
	変退色〈級〉	5	5	5
	汚染〈級〉綿	4-5	4-5	4-5
	アルカリ性	↗	↗	↗
	変退色〈級〉	5	5	5
	汚染〈級〉綿	4	4-5	4
摩擦 (Ⅱ型)	汚染〈級〉乾	4-5	4-5	4-5
	湿	4	4-5	4-5
水	変退色〈級〉	5	5	5
	汚染〈級〉綿	3-4	4-5	4
塩素処理水 (A法)	変退色〈級〉	4	4	4-5
	酸性	↗	↗	↗
汗耐光 (B法)	酸性	3-4	4-5	4
	アルカリ性	3-4	4-5	4

ミリング型酸性染料3原色のうち、Yellow 5GW、Scarlet FGW(pH3.1を含む)、Blue BW、Blue 2RWについては、実用上問題のない染色堅ろう度を示していたが、Red BWに関しては、耐光堅ろう度が3級未満と悪かった。今後、紫外線吸収剤の処方などの検討を行う必要がある。

3. 5 乾燥性

図3に、可染PP紡績糸(24/-)、ポリエステル紡績糸(20/-)、及びTC(20/-)から作製した3種類の生地の乾燥性試験結果を示す。可染PP紡績糸で作製した生地は、ポリエステル生地に比べて約1/2、TC生地に比べて約1/4の時間で吸水前の初期重量に達しており、速乾性が極めて高いことが分かった。

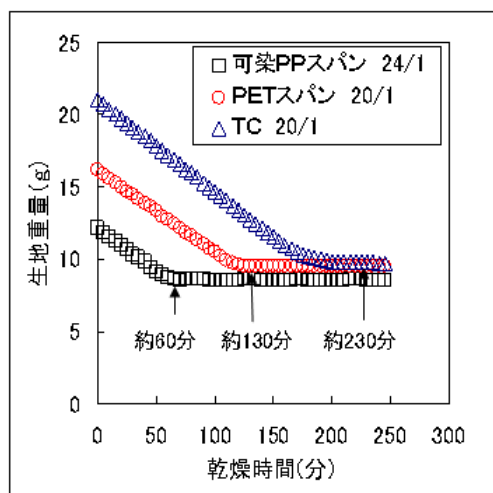


図3 乾燥性試験結果

3. 6 酸化発熱

酸化発熱試験の結果を表6に示す。酸化防止剤未添加の繊維(前処理:ドライ処理)は、8.5時間後に自己発熱現象が認められ、繊維は165℃まで上昇した。試験後のサンプルは茶褐色に変色していた。一方、酸化防止剤を添加した繊維は自己発熱が認められなかった。

表6 酸化発熱試験結果

酸化発熱試験		自己発熱開始までの時間(H)	自己発熱開始後、最高温度に達するまでの時間(H)	最高温度(℃)
可染PP(24/-)	水洗い後	100時間まで発熱せず		
酸化防止剤添加	ドライ処理後	100時間まで発熱せず		
可染PP(100dtex/24f)	水洗い後	5.1	1.2	155
酸化防止剤未添加	ドライ処理後	8.5	3.1	165

表1に示すポリプロピレン樹脂には、既に、汎用の酸化防止剤が添加されている。しかしながらこの酸化防止剤は、水洗い(漂白剤を含む)、ドライクリーニング処理等の前処理で損傷を受け酸化発熱する。一方、本検討で添加した高分子型のヒンダードアミン系酸化防止剤は、これまでの検討から予想されたとおり⁵⁾損傷を受けず、酸化発熱現象が起らない。試作した繊維は、“安全性の確保されたポリプロピレン繊維”であることが分かった。これによりセルロース系繊維との混用が可能となり、PP繊維とセルロース系繊維の特徴をいかした、吸汗、拡散、蒸発を利用した吸水速乾性等の機能性テキスタイルへの応用も広がると期待される。

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調査検討を行った。作製した紡績糸は、ほぼ満足できるレベルの色濃度と染色堅ろう度を示し、水に浮くほど軽量で、速乾性に優れていることが分かった。また高分子型のヒンダードアミン系酸化防止剤が酸化発熱抑制に効果があることが分かった。今後は、保温性、かさ高性、吸水速乾性、防汚性等の評価検討を行い、インナー、ブランケット等の製品化を目指す。

【謝 辞】

本研究を実施するにあたり、可染PP短繊維の作製に協力いただいた富士紡ホールディングス(株)様、紡績糸の作製に協力いただいた長谷虎紡績(株)様に深く感謝します。

【参考文献】

- 1) 日本繊維化学協会, ポリプロピレン繊維の取り扱いについて, 2005年6月改訂
- 2) 日本繊維化学協会, ポリプロピレン繊維の取り扱いについて, 2012年12月改訂
- 3) 林ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.3, PP15-18, 2009.
- 4) 立川ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.4, PP24-27, 2010.
- 5) 立川ら, 岐阜県産業技術センター研究報告No.5, PP38-41, 2011.
- 6) 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.

Abstract

We studied the development of light weight, warming and quick-drying inner wear using dyable PP fiber.

Spun yarn made of dyable PP fiber showed the satisfying colour depth and colour fastness to light. And light weight and quick-drying of dyable PP spun yarn was superior to those of PET spun yarn and Polyester-Cotton yarn.