GIFUブランド繊維製品の開発（第３報）

－ウール混抄紙糸繊維製品の開発－

林浩司*、山内寿美*、佐藤幸泰*、立川英治*、亀山遼一*、山口穂高†

Development of GIFU Brand Textiles（Ⅲ）
Development of paper yarn textiles containing wool fiber

HAYASHI Koji*, YAMANOUCHI Hisami*, SATO Yukiyasu*, TACHIKAWA Eiji*, KAMEYAMA Ryoichi* and YAMAGUCHI Hodaka†

ウールの繊維長、防縮加工の有無及び分散剤を調査検討し、マニラ麻にウールを30%配合（混抄）した紙糸を作製した。この紙糸はマニラ麻100%の紙糸（対照紙糸）と同等の引張強さを示し、糸の太さのばらつきが小さく、曲げに対して柔らかい風合いを持つことがわかった。染色堅ろう度は良好であり、アンモニア、酢酸に対する消臭性能が認められた。強い抗菌性能があり抗菌防臭効果が認められた。

１．はじめに

紙糸は独特な風合いがあり、また天然素材を原料としたサスティナブルな素材であるため、繊維関連企業や消費者の関心が高く、様々な紙糸繊維製品が販売されている[1)]。岐阜県内には「美濃機械すき和紙」を使用した紙糸繊維製品の製造販売に取り組んでいる企業は多い。一方、羽島市を中心とした県南部地域は、毛織物の製造が古くから盛んで関連した企業が多く立地している。

本研究ではこの点に着目し、紙糸作製時にウールをマニラ麻パルプに配合（混抄）することでウールの特性を持つ紙糸繊維製品の開発を行っている。第１報では、毛織物の製造工程で発生し廃棄されている「起毛屑繊維（ウール繊維）」を15%配合した起毛屑混抄紙糸を開発した[2)]。この紙糸は、市販の紙糸に比較して蒸れにくく、高い消臭性能があることがわかったが、起毛屑の不安定な品質及び異物の存在により、起毛屑を15%以上配合することが困難で、糸の太さむらも多く編成しにくいといった課題があった[3)]。

そこで本年度は、新品のウールを使用することで、マニラ麻にウールを高配合でブレンドすることを検討し、消臭性、抗菌性などの機能が高い紙糸の開発を目指した。

２．実験

２．１　抄紙

２．１．１　抄紙条件の検討

マニラ麻は、ナイヤガラビーター（熊谷理機工業（株）製　No.2506）を使用してパルプを叩解し、CSF を 420 ml とした。ウールは、ウールトップを鋏で一定長に切断した。マニラ麻とウールの混合スラリーに製紙薬剤（明成化学工業(株)製分散剤 A～D、粘剤）を添加し、タッピスタンダードシートマシン(200 mm×250 mm（株）東洋精機製作所製)により目標坪量 20 g/m^{2}で抄紙した。脱水した後、115℃でプレス乾燥を行い成紙とした（以下タッピ紙と略記）。比引張強さを JIS P 8113:2006 により評価した。

２．１．２　紙糸用原紙の作製と物性

ウールは、ウールトップをトウカッター（インテック(株)製　TCM-D）で一定長に切断した。企業の協力によりマニラ麻／ウール混抄連続紙を機械抄紙し成紙を作製した（以下紙糸用原紙と略記）。比引張強さは JIS P 8113:2006、引裂強さは JIS P 8116:2022、密度は JIS P 8118:2014 により測定した。

２．２　紙糸の作製

２．２．１　紙糸作製条件の検討

2.1.2 項で作製した紙糸用原紙を 4 mm 幅にスリット加工した後、検撚機を使用してより数 Z150/m、Z300/m、Z450/m、及びZ550/mで紙糸を作製した。引張強さをJIS L 1095:2010 により評価した。

２．２．２　紙糸の作製

企業の協力によりリング撚糸機を使用して紙糸を作製した。

２．３　紙糸の特性

２．３．１　物性

引張強さはJIS L 1095:2010、風合いはKES 純曲げ試験機（カトーテック(株)　KES-FB2）により評価した。

２．３．２　染色性及び染色堅ろう度

企業の協力により紙糸を酸性染料、反応染料で染色した。紫外線カーボンアーク灯光に対する染色堅ろう度は JIS L 0842:2021（第 3 露光法）、洗濯に対する染色堅ろう度は JIS L 0844:2011（A-2 法）、汗に対する染色堅ろう度は JIS L 0848:2004、摩擦に対する染色堅ろう度は JIS L 0849:2013（学振形）により評価した。

２．３．３　消臭性、抗菌性

表１に示す条件で精練した後、消臭性、抗菌性を評価した。消臭性は SEK（(一社)繊維評価技術協議会）マークの繊維製品認証基準で定める方法により、アンモニ

* 繊維・紙業部
† 岐阜県生活技術研究所

ア、酢酸、イソ吉草酸及びノネナールについて評価した。抗菌性は JIS L 1902:2015（菌液吸収法、黄色ぶどう球菌）により評価した。

表１　紙糸の精練条件

薬剤	センカ(株)　マルチノールC-58　2 g/L
	センカ(株)　ペネトゲンE-51　1 g/L
条件	浴比1:10　95℃×30分　精練後十分に水洗

３．結果及び考察

３．１　抄紙

３．１．１　抄紙条件の検討

ウールの防縮加工（クロイ加工）の有無が紙の引張強さ（比強度）に及ぼす影響について調査した。ウールは、繊維径 22.0 μm のウールトップを長さ 5 mm に切断したものを使用し、マニラ麻に対する配合率は20%とした。結果を図 1 に示す（図中の誤差棒は標準偏差を示す。以下同じ。）。その結果、未防縮ウールを使用するより防縮加工ウールを使用した方が、比強度が高くなった。ウールは繊維表面が疎水性を示すため、水中での分散が悪い結果ダマになり、そのため強度が低かったと考えられる。製紙薬剤について検討した結果を図 2 に示す。その結果、繊維に湿潤性を付与して分散性を高める、非アニオン性の分散剤Dを使用した時に比強度が最も高く、また地合いも良い紙となった。繊維長については、切断長が 10 mm 以上になるとウールの分散が極端に悪くなった。

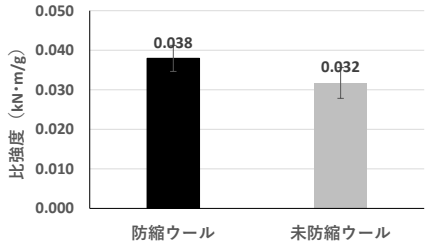

図１　防縮加工の有無と引張強さ

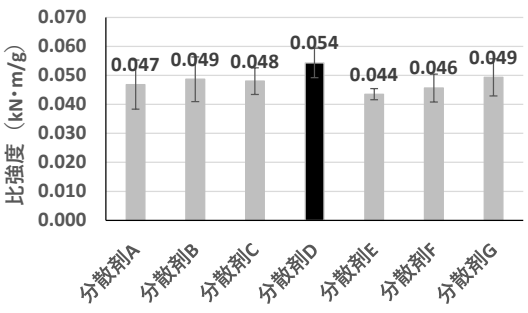

図２　分散剤と引張強さ

３．１．２　紙糸用原紙の作製と物性

ウールは防縮加工済みの繊維径 17.5 μm のウールトップを長さ 5 mm に切断したものを使用し、抄紙スラリーに分散剤 D を添加して、坪量 22 g/m^{2}の紙糸用原紙を作製した。ウールの配合率は30%とし、対照サンプルとしてマニラ麻 100%の紙糸用原紙を作製した。抄紙時、スラリーに気泡が認められたため消泡剤を添加した。図 3 に作製した紙の電顕写真、図 4～6 に引張強さ（MD 方向）、引裂強さ（MD 方向）及び密度を示す。その結果、ウールを混抄することで引張強さは 0.4 倍に低下したが、引裂強さは 3.8 倍と逆に大きくなった。紙に引張強さが発現するのは、パルプ間に水素結合が存在するためと言

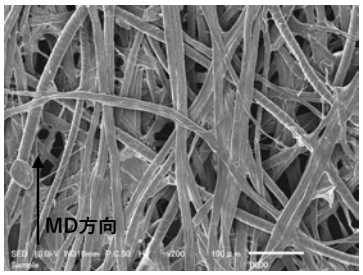

図３　ウール混紙糸用原紙の電顕写真

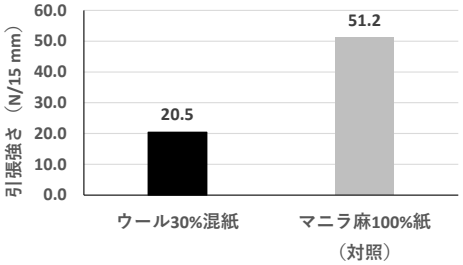

図４　紙糸用原紙の引張強さ

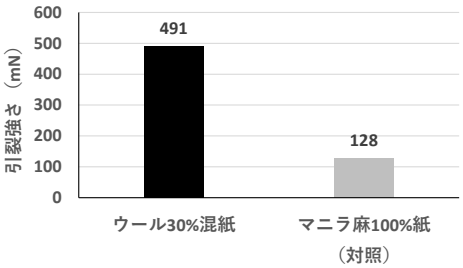

図５　紙糸用原紙の引裂強さ

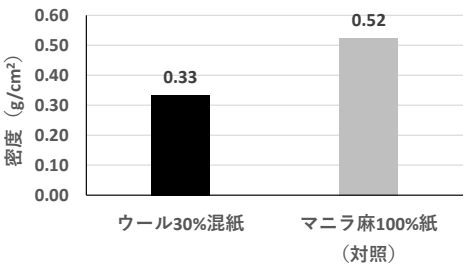

図６　紙糸用原紙の密度

われているが、パルプーウール間には水素結合がほとんど無いため引張強さが低かったと考えられる。一方、引裂強さが高くなったのは、繊維単体の引裂強さが異なるためなどが考えられるが詳細は不明である。また、図６に示すようにウールを配合することで紙の密度は低下し、かさ高な紙が得られることがわかった。

３．２　紙糸の作製

３．２．１　紙糸作製条件の検討

作製した 4 mm スリット紙の最適なより数を決定するため、検撚機を使用してより加工を行い、より数と引張強さの関係を調査した。図７にウール 30%混スリット紙、図 8 にマニラ麻 100%スリット紙の結果を示す。その結果、ウール 30%混スリット紙はより数の増加とともに強さが上昇する一方、マニラ麻 100%スリット紙ではほとんど変化がみられなかった。ウール 30%混紙はマニラ麻 100%紙の 0.4 倍の強さしかなかったにも関わらず、撚糸して紙糸にすると、両者の強さはより数 450/m でほぼ同じ値となった。これは、ウール 30%混紙の引裂強さが、マニラ麻 100%紙の引裂強さに比較して 3.8 倍大きかったことに起因するためと考えられる。つまり、紙糸の引張強さは、紙の引張強さに加え、紙糸の構造上、紙の引裂強さも関与しているためだと考えられる。糸の外観は両サンプルとも 450/m が一番きれいであった。

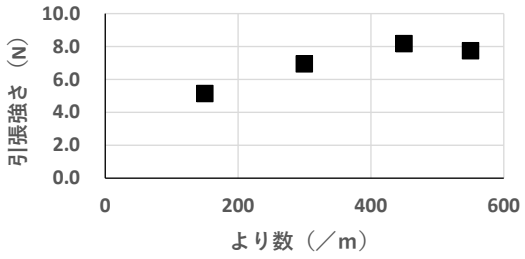

図７　ウール 30%混スリット紙のより数と引張強さ

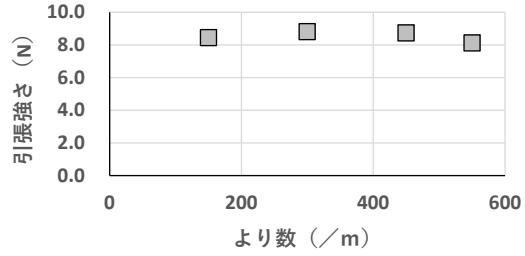

図８　マニラ麻 100%スリット紙のより数と引張強さ

３．２．２　紙糸の作製

リング撚糸機を使用してより数 Z450/m で紙糸を作製した。ウール 30%混スリット紙は、マニラ麻 100%スリット紙に比べ撚糸時に紙が切れやすかったが、供給テンションを調整することで問題なく作製が可能と思われた。

３．３　紙糸の特性

３．３．１　物性

表 2 にリング撚糸機を使用してより数 Z450/m で作製した紙糸の繊度、引張強さ及び伸び率を示す。検撚機で作製した糸と同様、リング撚糸機で作製した糸においても、ウール 30%混紙糸の引張強さはマニラ麻 100%紙糸と同程度の強さを示し、また、ばらつきの小さい糸になることがわかった。糸の外観を図 9 に示す。ウール 30%混紙糸の方が、よりむらが少なく糸の外観がきれいである。3.1.2 項で示したように、ウール 30%混紙は、マニラ麻 100%紙に比較して密度が低く、かさ高である。その結果、よりが入りやすく、糸の外観がきれいで標準偏差の小さな糸が得られたと考えられる。図 10 に糸の曲げ剛性を示す。ウールを配合することで、曲げに対し柔らかな風合いの糸になることがわかった。紙がかさ高であるためと思われる。

表２　リング撚糸機で作製した紙糸の物性

	繊度（dtex）	引張強さ（N）		伸び率（%）	
		平均	σ	平均	σ
ウール30%混紙糸	1109	7.61	0.26	11.97	0.81
マニラ麻100%紙糸（対照）	1057	7.58	0.52	12.59	1.52

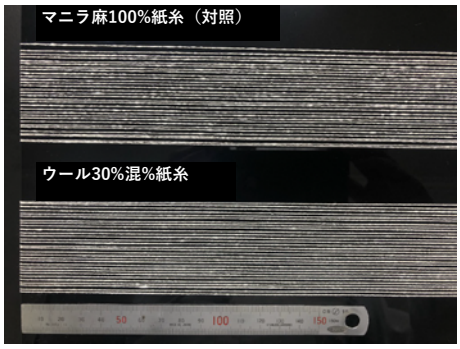

図９　紙糸の外観（糸条板）

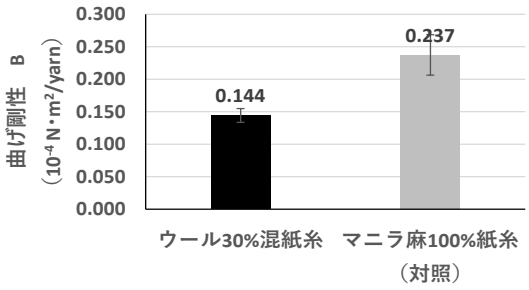

図１０　紙糸の曲げ剛性

３．３．２　染色性及び染色堅ろう度

製品として広く利用されるには、色展開は必須である。ウール30%混紙糸について、反応染料でマニラ麻サイドの片染め（紺色）、酸性染料でウールサイドの片染め（グレー色）を行い、染色堅ろう度を評価した。結果を表 3、4 に示す。良好な染色堅ろう度を示すことがわかった。

表３　染色堅ろう度（反応染料）

試　験　項　目			判定
耐光（JIS L 0842　第３露光法）		変退色	３－４
洗濯（JIS L 0844　A-2）		変退色	5
		汚染	綿：５　ウール：５
汗（JIS L 0848）	酸	変退色	5
		汚染	綿：５　ウール：５
	アルカリ	変退色	5
		汚染	綿：５　ウール：５
摩擦（JIS L 0849　学振形）		乾	４－５
		湿	2

表４　染色堅ろう度（酸性染料）

試　験　項　目			判定
耐光（JIS L 0842　第３露光法）		変退色	4級以上
洗濯（JIS L 0844　A-2）		変退色	5
		汚染	綿：５　ウール：５
汗（JIS L 0848）	酸	変退色	5
		汚染	綿：５　ウール：５
	アルカリ	変退色	5
		汚染	綿：５　ウール：５
摩擦（JIS L 0849　学振形）		乾	5
		湿	4

３．３．３　消臭性、抗菌性

ウール 30%混紙糸の消臭性能を表 5、抗菌性能を表 6 に示す。起毛屑（ウール繊維）15%混抄紙糸のアンモニアガスの減少率は 68%であり [3]、ウールを 30%混抄することで減少率76%と消臭性能が向上した。酢酸に対しても減少率98%以上と高い消臭性能が認められた。しかしながら、イソ吉草酸、ノネナールに対しては一定のレベルに達しておらず、汗臭、加齢臭に対しては SEK の消臭基準を満たさなかった。抗菌性に関しては抗菌活性値 3.7 と強い効果が認められることがわかった。抗菌活性値が 2.2 以上であり、抗菌防臭効果があるといえる [4]。

表５　消臭性

臭気カテゴリー	臭気成分	試験方法	減少率（%）
汗臭・加齢臭	アンモニア	検知管法	76
		官能試験	判定：合格
	酢酸	検知管法	≧98
	イソ吉草酸	ガスクロマトグラフ法	93
		官能試験	判定：不合格
加齢臭	ノネナール	ガスクロマトグラフ法	76
		官能試験	判定：不合格

表６　抗菌性

	抗菌活性値
ウール30%混紙糸	3.7

４．まとめ

紙糸は独特な風合いがあり、また天然素材を原料としたサスティナブルな素材であるため、繊維関連企業や消費者の関心が高い。一方、羽島市を中心とした県南部地域は、毛織物の製造が古くから盛んで関連した企業が多く立地している。この点に着目し、紙糸作製時に新品のウールをマニラ麻パルプに配合（混抄）することで、消臭性、抗菌性などのウールの特性を持つ紙糸繊維製品の開発を目指した。

ウールの繊維長、防縮加工の有無及び分散剤を調査検討し、マニラ麻にウールを30%配合（混抄）した紙糸を作製した。この紙糸はマニラ麻 100%の紙糸（対照紙糸）と同等の引張強さを示し、糸の太さのばらつきが小さく、曲げに対して柔らかい風合いを持つことがわかった。染色堅ろう度も良好であった。アンモニア、酢酸に対する消臭性能が高く、また強い抗菌作用が認められることがわかった。

【謝　　辞】

機械連続抄紙についてご協力いただきました大福製紙（株）様、染色加工でご協力いただきました（株）青木染工場様に感謝申し上げます。

【参考文献】

1) 山田,繊維製品消費科学 Vol43,No.6,pp344-347,2002
2) 林浩司ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.1, pp45-48,2020
3) 林浩司ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.2, pp57-60,2021
4) 日本繊維機械学会,染色仕上研究部会機関紙「染色」,Vol61,No.8,p29,1998