

GIFU ブランド繊維製品の開発 (第2報)

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 (II)

HAYASHI Koji^{*}, YAMANOUCI Hisami^{*}, SATO Yukiyasu^{*}, TACHIKAWA Eiji^{*}, KAMEYAMA Ryoichi^{*} and YAMAGUCHI Hodaka[†]

織度、織物の目付、糸密度がほぼ同じ紙布、綿布及びポリエステル布を作製し様々な特性を評価することで、これまで体系的な評価がほとんど行われていない紙布の消費性能、風合いを明らかにした。紙布の特徴は、紙糸の原料である麻の特性、紙糸の独特な製造方法及び糸構造に起因するものであることが分かった。

起毛加工において廃棄されている起毛屑（ウール短繊維）に着目し、紙を作製する段階で起毛屑を混抄して紙糸を作製した。起毛屑混抄紙糸は、市販紙糸に比較して水分率及び消臭性の向上が認められた。

1. はじめに

紙糸は天然素材を原料としたサスティナブルな素材であり、独特な手触り、肌触りがあり注目されている¹⁾。しかしながら紙糸の特性を体系的に評価した例はこれまでほとんどなく、誤った情報が発信されているケースも見受けられる。そこで、紙布の様々な特性をセルロース系織物の代表として綿布、合繊織物の代表としてポリエステル布（以下 PET 布）と比較し、紙布の特徴を明らかにする検討を行った。

また、羽島市を中心とした県南部地域は、毛織物の製造が盛んである。毛織物の風合いを特徴づける「起毛加工」においては、ウール短繊維が脱落し廃棄されている。本研究ではこの点に着目し抄紙段階で、脱落繊維をブレンドして紙を作製し、ウールの特性を付与した紙糸繊維製品の開発を目指している。第1報では、起毛屑混合率と紙の強さ等を調査し、起毛屑を最大 15%混抄した連続紙を作製した²⁾。本年度はこの紙を撚糸して紙糸を作製しその特性を評価した。

2. 実験

2.1 紙布の特性

2.1.1 紙布他の作製

織度がほぼ同じ次の3種類の糸を経糸及び緯糸に使いシャトル織機を使用して同じ糸密度で紙布、綿布及びPET布を作製した。製織後、企業の協力で糊抜き精練を行った。

- ・紙糸 市販紙糸、番手 1/34
- ・綿糸 コーマ糸、番手 20^S
- ・PET 紡績糸 番手 20^S

表1に作製した織物の基本的特性を示す。ほぼ同じ糸

密度、目付の紙布、綿布及びPET布を得た。

表1 作製した織物の基本的特性

織物の種類	たて糸密度 (本/inch)	よこ糸密度 (本/inch)	目付 (g/m ²)	かさ高性 (cm ³ /g)
紙布	65.4	49.2	147.5	2.2
綿布	67.6	55.6	153.6	2.4
PET布	65.4	52.6	148.0	2.1

2.1.2 特性評価

表2に示す消費性能、風合い特性を評価した。方向性の有る特性については、糸密度がほとんど同じであった、たて糸方向の特性を比較した。糸のかさ高性は、JIS L 1095 (B 法)を準用し見掛け番手を使用して糸 1,000 本で評価した。Bonferroni 補正による多重比較法によって平均値の有意差を検定した。

表2 各布の特性評価

試験項目	試験方法
引張強さ及び伸び率※1、引裂強さ	JIS L 1096 準拠
摩耗強さ※2、水分率	
紫外線遮蔽率	JIS L 1925 準用
接触冷感	JIS L 1927 準拠
保温性※3	JIS L 1096 準用
吸水性※4	JIS L 1907 準拠
透湿度※5	JIS L 1099 準拠
風合い 通気抵抗、引張りせん断、純曲げ、表面	KES法※6

※1 試験片の幅50mm、※2 平面法 Cw-C-P1200

※3 恒温法 温度差16°C、※4 吸水速度法 (パイレック法)

※5 塩化カルシウム法

※6 カトーテック(株)製 KES風合い試験機を使用した評価

2.2 起毛屑混抄紙糸及び紙布の特性

2.2.1 起毛屑混抄紙糸及び紙布の作製

* 繊維・紙業部

† 岐阜県生活技術研究所

第1報で報告した起毛屑10%及び15%混抄紙糸用原紙を2mmもしくは4mm幅にスリットし、これをダブルツイスター型撚糸機を使用してZ500~700/Tで撚糸し起毛屑混抄紙糸を作製した。筒編み試験機（英栄産業（株）NCR-EW 7G）を使用して編成性を評価した。

2. 2. 2 起毛屑混抄紙糸の特性評価

JIS L 1095 に準拠し、紙糸の引張強さ及び伸び率、水分率を評価した。消臭性は、SEK マーク繊維製品認証基準で定める方法でアンモニア成分の消臭評価（検知管法）を行った。水分率、消臭率の評価は表3の条件で精練を行った糸を使用した。

表3 紙糸の精練条件

精練剤	センカ(株) マルチノールC-58 2g/L
	センカ(株) ベネトゲンF-51 1g/L
条件	浴比 1:10 温度×時間 95°C×30分

3. 結果及び考察

3. 1 紙布の消費性能と風合い

3. 1. 1 紙布の強さ、通気抵抗及び紫外線遮蔽率

引張強さ、引裂強さは PET 布>綿布>紙布であった。伸びも同様の傾向を示した。図1に引張強さ、図2に引裂強さを示す。図中の誤差棒は標準偏差を示す。使用した糸の引張強さ及び伸び率は、ポリエステル糸が10.2N-11.1%、綿糸が4.6N-6.6%、紙糸が2.7N-3.3%であり、引張強さ及び伸び、引裂強さは糸の物性を反映している。ただし、引張強さ、引裂強さは実用上問題ないレベルを示すことが分かった

図3に摩耗強さを示す。紙布の摩耗強さは綿布、PET布より強かった。紡績糸は繊維が撚られて糸になっているため、繊維が糸から比較的脱落しやすいのに対し、紙糸は繊維が紙中に強く保持されており繊維が糸から脱落しにくい。そのため紙布は摩耗に強かったと考えられる。

図4に紙布の通気抵抗を示す。紙布の通気性は高い（通気抵抗が低い）。紙糸は紡績糸と異なり糸表面に毛

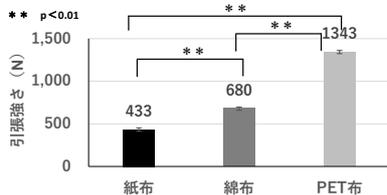


図1 たて方向引張強さ

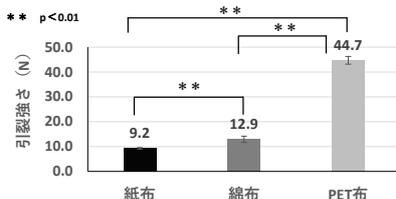


図2 たて糸引裂強さ

羽が無く糸間の隙間が広い。そのため空気が生地を通過しやすく、通気性が高いと考えられる。紫外線遮蔽率は82~85%を示した。各布間に有意な差は認められなかった (p>0.05)。

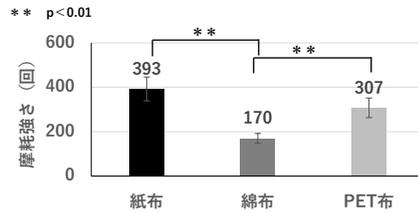


図3 摩耗強さ

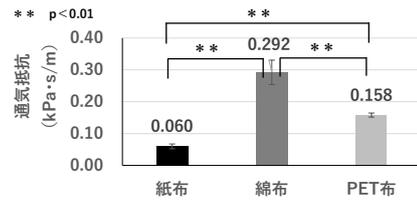


図4 通気抵抗

3. 1. 2 熱移動特性

図5に最大熱流束 qmax（接触冷感）を示す。紙布は触れると綿布、PET布に比べて冷たく感じた。最大熱流束を評価したところ、紙布は綿布、PET布に比較して大きかった。紙布に触れた時に冷たいと思う感覚が、データからも示された。一般的に接触冷感素材の熱伝導が大きい程強く感じる。紙糸はマニラ麻を主原料としており、麻の繊維軸に垂直方向の熱伝導率は0.344 J/m·K·sであり、綿の0.234 J/m·K·s、ポリエステルの0.127 J/m·K·sに比べて高い³⁾。加えて、紡績糸は繊維間の接点が少ないのに対し、紙糸の場合は繊維と繊維が紙中で多くの点及び面で接しており繊維間で熱が伝わりやすい。これらのことから紙布は綿布、PET布に比べて熱が伝わりやすく、触れた時に冷たく感じると考えられる。図6に保温性の結果を示す。通気性が高い紙布は保温性が低い。

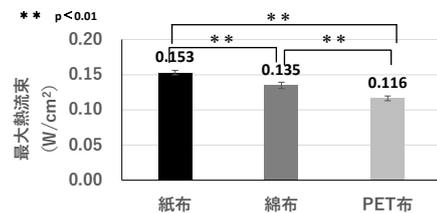


図5 最大熱流束（接触冷感）

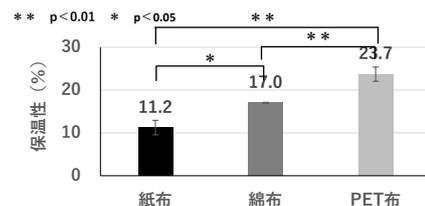


図6 保温性

3. 1. 3 紙布の水分移動特性

図7に水分率を示す。紙布の水分率は、20°C65%RH（標準状態）、30°C90%RH（高湿度状態）両条件とも綿布、PET布に比較して高い。「高湿度状態における水分率」－「標準状態における水分率」が高いほど軽運動時の蒸れが少ないと言われているが⁴⁾、紙布はこの値が6.1%であり、綿布より1.8倍大きい。紙布は蒸れが生じにくい快適な素材であることが分かる。なお、マニラ麻パルプの水分率は約10%と紙糸の水分率とほぼ同じであった。紙布の水分率が高いのは、原料パルプの水分率が高いためである。

図8に吸水性（吸水速度法）の結果を示す。予想に反して、紙布の吸水速度は綿布、PET布より遅かった。綿布、PET布などの紡績糸織物は繊維間の空間による毛細管現象で素早く吸水する一方、紙糸は繊維が紙中に密に存在し毛細管現象が生じにくいからだと考えられる。今後、吸水速乾性、吸水率等の水分移動特性を明らかにしていく。透湿度は446~464 g/m²・hを示した。各布間に有意な差は認められなかった（p>0.05）。

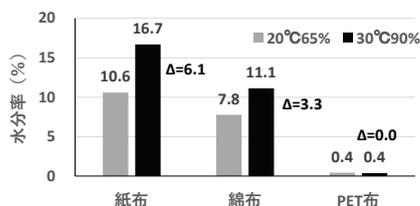


図7 24時間後の水分率

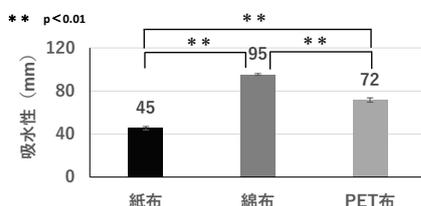


図8 たて方向吸水性（吸水速度）

3. 1. 4 紙布の風合い特性

風合いを評価した結果を表4に示す。引張り特性では次のことがわかった。人体を覆っている布が身体を動かしたときに受ける変形様式は、引張り試験に相当するケースが多いとされる⁵⁾。特性値LT（引張の直線性）は、紙布は綿布及びPET布より大きく（p<0.01）、紙布は引張り初期で伸びにくい。WT（最大伸長力までの仕事量）は、紙布>綿布>PET布であり（p<0.05）、紙布はよく伸びる。RT（伸長時のエネルギーに対する回復されるエネルギーの割合）は、綿布>紙布であり（p<0.01）、紙布は綿布に比較して引張り変形に対する回復性が悪い。

二次元の布が人体などの三次元の曲面を容易にカバーできるのは、布がせん断変形するからである⁵⁾。G（せん断剛性）、2HG5（せん断角度5度におけるせん断過程と回復過程におけるエネルギーの差）とも、紙布>綿布>PET布であり（p<0.05）、紙布はせん断変形しにくく、またせん断変形からの回復性も悪い。

く、またせん断変形からの回復性も悪い。

曲げ試験の特性値B（曲げ剛性）、2HB（曲げ変形過程と曲げ回復過程のエネルギー差）とも、紙布>綿布>PET布であり（p<0.01）、紙布は曲げに対してかたく、曲げ変形からの回復性が低い。これらの特性値には非常に大きな差があった。織布の曲げ特性は糸の構成、織組織、糸密度のほか、繊維一本単位の曲げ特性も大きく影響していると言われている⁵⁾。これらの布は織組織、糸密度はほぼ同じであり、繊維及び糸の特性がこの結果をもたらしたと考えられる。紡績糸は繊維の拘束が比較的小さいので、曲げ変形しやすく回復しやすい。一方紙糸は繊維が紙中に強く保持されその紙が糸になっているため、曲がりにくく回復しにくい。以上の理由により、紙布の曲げ剛性は大きく回復性は悪いと推察される。

圧縮試験からは次のことがわかった。LC（圧縮の直線性）は、紙布は綿布及びPET布より小さく（p<0.01）、紙布は圧縮初期において圧縮柔らかい。WC（最大圧力までの仕事量）は一般的に大きい程圧縮でつぶれやすい場合が多いとされる。WCはPET布>綿布>紙布であり（p<0.01）、紙布は圧縮でつぶれにくい。PET布や綿布などの紡績糸織物の場合、繊維表面の毛羽及び繊維間の空間のため圧縮つぶれやすいと想像されるが、紙糸は繊維が密に集合しており容易には圧縮されにくいと思われる。そのため紙布は圧縮つぶれにくいと考えられる。RC（圧縮時のエネルギーに対する回復されるエネルギーの割合）は、紙布>PET布>綿布であり（p<0.01）、紙布は圧縮変形からの回復性が良い。

摩擦の特性値MIU（摩擦平均摩擦係数）については、紙布は、PET布及び綿布より小さかった（p<0.01）。紙糸は毛羽がないため摩擦子の移動がスムーズであったと考えられる。MMD（平均摩擦係数の変動）に有意な差は認められなかった（p>0.05）。SMD（表面粗さの平均偏差）は、紙布>綿布>PET布であった（p<0.01）。布は厚さのばらつきが大きい。

表4 各織物のKES風合い特性値

特性値		紙布	綿布	PET布
引張り たて方向	LT（無次元）	1.01	0.82	0.82
	WT（N・m/m ² ）	9.08	4.86	3.40
	RT（%）	41.2	49.6	46.7
せん断 たて方向	G（N/m・deg）	2.94	1.74	1.00
	2HG（N/m）	1.77	2.84	1.82
	2HG5（N/m）	13.8	5.8	4.4
曲げ たて方向	B（10 ⁻⁴ N・m ² /m）	0.872	0.068	0.053
	2HB（10 ⁻² N・m/m）	0.636	0.080	0.053
圧縮	LC（無次元）	0.245	0.310	0.298
	WC（N・m/m ² ）	0.093	0.285	0.346
	RC（%）	50.3	35.6	43.9
表面 たて方向	MIU（無次元）	0.133	0.177	0.177
	MMD（無次元）	0.021	0.023	0.018
	SMD（μ）	5.30	7.36	4.77

3. 1. 5 紙糸のかさ高性

表5に紙糸及び綿糸のかさ高性を示す。表1において紙布と綿布にかさ高性の差は認められなかったが、糸の評価では、紙糸は綿糸よりかさ高であることが分かった ($p < 0.01$)。布では厚さが薄すぎて差が認められなかったと考えられる。ニット製造業において、紙糸は同織度の紡績糸に比べて針ゲージを大きくしているケースが多く見受けられる。これは、紙糸はかさ高性が高く糸が太いこと、そして3.1.4項で示したとおり、紙糸は曲げ変形に対してかたいため針ゲージを大きくしないと編ループを形成しにくく糸切れが発生しやすいことに起因していると思われる。

表5 糸のかさ高性

	紙布 (1/34)	綿布 (20 ⁵)
かさ高性 (cm ³ /g)	7.8	6.7

3. 2 起毛屑混抄紙糸及び紙布の特性

3. 2. 1 起毛屑混抄紙糸及び紙布の作製

第1報で作製した起毛屑混抄紙糸用原紙の細幅スリット、撚糸による紙糸作製及び編地作製の検討を行った。スリット工程では、起毛屑混抄による紙強さの本質的な低下及び異物の(イレギュラーな)混在により、10%混抄品はスリット幅2mm、15%混抄品は4mm以下でスリットすることはできなかった。この異物は、起毛屑に混入していた風綿等であり、紙がその部分で硬くなったため結果撚りが入りにくく、試編み時に糸ガイドに引っ掛かり糸切れが生じやすかった。この異物は、15%混抄において使用した起毛屑のロットに特に多かった。起毛屑等をリユースする際は、品質は極めて重要である。作製した紙糸の引張り強さを表6に示す。起毛屑混抄紙糸は同織度の市販紙糸に比較して引張り強さはやや低下し、伸びは大きかった。

表6 起毛屑混抄紙糸の引張り強さ

	紙の目付 (g/m ²)	スリット幅 (mm)	より数 (Z/T)	織度 (dtex)	引張り強さ (N)	伸度 (%)
起毛屑10%紙糸	20	4.0	500	1176	7.9	19.6
起毛屑15%紙糸	20	4.0	500	1012	7.6	16.2
市販紙糸	20	4.0	320	901	8.8	5.2

3. 2. 2 起毛屑混抄紙糸の特性

図9に起毛屑混抄紙糸の水分率を示す。起毛屑を混抄することで水分率が上昇し、高湿度状態と標準状態の水分率の差も6.1%から6.8%へとわずかではあるが増加した。起毛屑を混抄することで蒸れにくくなることが分かった。消臭性の結果を図10に示す。起毛屑を混抄することで消臭性の向上が認められた。これらの結果は、ウールの公定水分率がマニラ麻より高いこと、ウールが消臭機能を有することに起因すると考えられる。

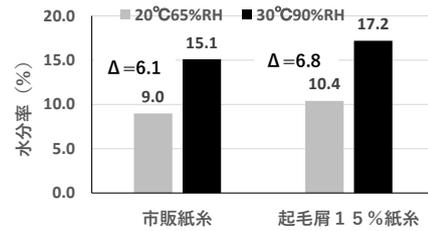


図9 起毛屑混抄紙糸の24時間後の水分率

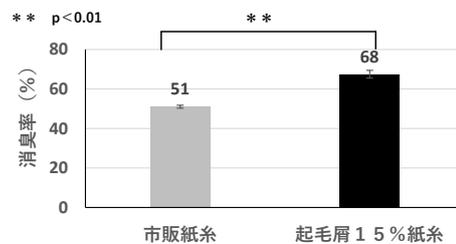


図10 起毛屑混抄紙糸のアンモニアガスの消臭性

4. まとめ

紙布の消費性能や風合いを体系的に評価した報告例はこれまでほとんどない。そこで糸の織度、糸密度及び目付がほぼ同じ紙布、綿布及びPET布を作製し、様々な特性を評価することで紙布の特性を明らかにする検討を行った。その結果次のことが分かった。紙布は、綿布、PET布に比較して引張り、引裂強さは低いが、摩擦強さは強い。また、通気性、接触冷感が大きく、保温性は低い、蒸れにくい素材である。風合い評価からは次のことを明らかにした。紙布は引張初期及び曲変形に対してかたく、三次元形状に変形しにくい。また、圧縮でつぶれにくく、摩擦係数が低く、厚さのばらつきが大きい。紙布が示す各種特性は、原料であるマニラ麻の特性、紙糸の独特な製造方法及び糸構造に起因するものであることが分かった。

起毛加工で廃棄されているウール短繊維に着目し、起毛屑混抄紙糸を試作し次のことを明らかにした。起毛屑を混抄することで、水分率の向上、消臭性の向上が認められた。起毛屑の混抄に起因する特性が付与されることが分かった。

【謝 辞】

糊抜き精練加工で協力いただきました岐セン(株)様に感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 辻本,紙パ技協誌,Vol69,No.8,P871,2015
- 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) 繊維便覧,丸善出版,繊維学会編
- 4) 澤井由美子,繊維と工業,Vol.61,No.3,pp63-65,2005
- 5) 川端季雄,風合い評価の標準化と解析第2版,日本繊維機械学会,風合い軽量と企画化研究会(1980)