



【一般論文/Transaction】

ポリプロピレン混紡糸を用いた編布の物性に及ぼす 混紡素材の影響

水橋 秀章^{*1}・上條 正義^{*1, #}・吉田 宏昭^{*1}・久保 昌彦^{*2}

^{*1}信州大学繊維学部
^{*2}ダイワボウノイ株式会社

The Effect of Blending in Material Property for Knitted Fabric with Polypropylene Blended Yarn

Hideaki Mizuhashi^{*1}, Masayoshi Kamijo^{*1, #}, Hiroaki Yoshida^{*1}, and Masahiko Kubo^{*2}

^{*1}Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda-shi, Nagano, Japan

^{*2}Daiwabo Neu Co., Ltd., 6-8 Kyutaromachi 3-chome, Chuo-ku, Osaka, Japan

Abstract: The purpose of this study is to evaluate the material properties of the knitted fabric with polypropylene (PP) blended yarn. The material properties were measured by Kawabata Evaluation System (KES), Japan Industrial Standards (JIS) and BOKEN standards. The functionally effect by blending appeared as specific gravity and water & heat transport property. The radius of yarn became smaller and the number of fiber became greater by blending because the weight of PP was light. Resilience against mechanical deformation became greater by blending. Moisture transport property could be added to PP fabric unless spoiling the characteristic of PP such as low thermal conductivity and hydrophobic by blending of the modified cross-section polyester.

(Received 4 November, 2015; Accepted 15 February, 2016)

1. 緒言

ポリプロピレン繊維(PP)は低熱伝導性, 疎水性, 軽いといった衣服材料として有用な特徴を有することから, 衣服材料として注目されはじめています. PPは耐光安定性が低いため, 製造時に耐光安定剤の添加が必要である. かつて, 乾燥機の使用時に薬剤が溶け出し, PPの融点が低いことから発火する事故があった. そのため, PPは安全性の問題から衣服用材料として使用されなくなり, 日本では実用化が進まなかったことから, PPの衣服材料としてのデータの蓄積は少なく, 利用法については不明な点が多い. しかし, 現在は溶け出しにくい安定剤が開発され, 化学的な問題は解決されている[1]. 日本化学繊維協会ではPP繊維の衣料用途・寝装用途での遵守事項を定める「ポリプロピレンの取り扱いについて」を改定し, 酸化発熱試験により安全が確保された場合にはPPとセルロースの併用が可能となった[2]. PPは衣服材料として新た

な局面を迎えつつあり, その利用法を検討することは有益である.

我々は, PPと親水性素材を組み合わせることで, 快適なインナーウェアを作製できる可能性を提案している[3]. つまり, PPと他の素材を組み合わせることで有用な衣服材料となる可能性がある. PPと他の素材を組み合わせる方法として混紡があり, PPに対して各種素材を混紡する効果を検証した事例はない.

本研究では, PPと他の素材との混紡糸による肌着用編布を作製した. 作製した編布の物性評価実験によりPPと各種素材の混紡糸による編布の特徴の差異についてKawabata Evaluation System(KES)とJapan Industrial Standard(JIS)とボーケン規格に従い物理特性を評価することによって, PPと混紡する素材の効果を検証した. 測定結果に対して主成分分析を施すことで情報を圧縮し, 他素材の混紡により顕著に変化する物理特性を抽出した. さらに, 測定結果に対しクラスタ分析を施すことでサンプルを分類し, 混紡す

る素材の違いが各種編布サンプルに与えた影響の程度を考察した。

2. サンプル

2.1 糸

糸の太さを50番手に統一し、表1に示す8種類のステープルによる紡績糸を作製した。6種類はPPと他素材の単繊維による混紡糸である。その他2種類はPP100%とポリエステル(PET)100%の比較対象用である。PPとの混紡に用いたPET(以後、MCPETと称す)は、吸水性能の向上を目的とし異形断面加工されている。PPとの比較対象用に用いたPET(以後、CDPETと称す)は、カチオン染料により常圧染色が可能なポリエステルである。糸番手はPP/Ryが設計通りとなり、PP/Wyは設計より細くなった。図1のようにKEYENCE製電子顕微鏡VE-9800により倍率100倍にて張力のない状態の糸の側面を撮影し、糸の直径を測定した。10回測定しその平均値を代表値とした。恒重式番手法で太さを統一し、PPは比重0.91[4]と最も軽いため、PPyの直径が最大となった。単位長さあたりの重さを正量番手から算出した。最も重いのはPP/Cyで、軽いのはPP/Wyであった。糸の断面を円に近似することで算出した体積で重さを除算することで密度を定義した。値が小さいほど糸の単位長さあたりの嵩が大きいことを示す。PPは比重が最も軽いためPPyは嵩高となった。図2のようにKEYENCE製電子顕微鏡VE-9800により倍率370倍で糸の断面を観察した。断面形状を保存するためにエポキシで包埋しミクロトーム(LEICA製EMUC6)を

用いて面出しした。PPyは繊維の本数が多く嵩高となっている。各種素材の混紡に伴って繊維本数が減少する傾向がみられた。PETは比重が重いいためCDPETyは繊維の本数も少なく嵩が低くなった。撚り数は1インチあたりの撚り回数であり、10回測定した平均値である。撚り係数は3.8で統一した。糸の初期伸長特性としてJIS(L1095)により初期引張抵抗度試験を実施し、得られたStress-Strain(SS)曲線の原点近くで伸びの変化に対する荷重の変化の最大点を求め、荷重を伸びの変位で除し糸の弾性係数を定義し、見掛ヤング率も求めた。10回測定しその平均値を代表値とした。PPyの弾性係数は他の糸に比べ同程度か大きくなり、混紡に伴い糸が柔らかくなる傾向がみられた。PPyに比べCDPETyは柔らかかった。要因としてPPの比重が軽いためPPyの繊維本数が多く糸直径が大きいことがあげられる。PPyのヤング率は比較的lowであった。糸むらは200m/sの速度で評価時間を3分として測定した。糸むらU%はPP/Wyが最大で糸直径の変動が大きかった。糸の断面を観察するとウール繊維が太く糸むらが大きくなっている。

2.2 布

表2に表1に示した糸を用いて作製した8種類の編布を示す。素材の差を考察しやすいよう構造を平編に統一した。布の製造時に20デニールのポリウレタン(Pu)を9%の混用率で交編した。PPを混紡した6種類の編布をサンプルとした。PP/PuとCDPET/Puの2種類は比較対象用サンプルである。図3と図4のようにKEYENCE製電子顕微鏡VE-9800にて50倍で布の側面と断面を観察した。PP/Puは糸間の隙間も小さく繊維が凝集し厚みも大きい。CDPET/Puは糸

Table 1 Property of each yarn.

Symbol	Material & Mixing Rate with size of staple	Yarn Count Mean / CV%	Diameter[μm] Mean / CV%	Weight [g/m]	Apparent Density [g/cm ³]	Number of Twist [time/inch] Mean / CV%	Elastic modulus [N/mm ²] Mean / CV%	Young's modulus [N/mm ²] Mean / CV%	Irregularity U%
PP/MCPETy	Polypropylene50% : 1.0T×38mm / Polyester50% : 1.4T×38mm	49.90 / 1.90	200.93 / 7.30	0.01183	0.368	25.59 / 2.28	0.12 / 6.4	3023 / 6	11.08
PP/Ry	Polypropylene50% : 1.0T×38mm / Rayon50% : 0.9T×38mm	50.00 / 2.56	194.34 / 7.73	0.01181	0.359	25.49 / 3.10	0.14 / 6.0	3233 / 6	10.26
PP/Ny	Polypropylene50% : 1.0T×38mm / Nylon50% : 1.3T×38mm	50.70 / 1.88	198.80 / 8.51	0.01165	0.482	26.16 / 2.31	0.11 / 7.5	2433 / 7	12.48
CDPETy	Polyester100% : 1.4T×38mm	49.90 / 1.90	160.60 / 10.6	0.0118	0.573	24.78 / 2.45	0.07 / 7.8	1706 / 6	14.20
PP/Cy	Polypropylene50% : 1.0T×38mm / Cotton50% : 4.2micronaire×37mm	49.70 / 2.24	165.17 / 8.15	0.01188	0.786	25.44 / 4.75	0.13 / 9.0	3587 / 8	11.58
PP/Acy	Polypropylene50% : 1.0T×38mm / Acrylic50% : $\frac{0.9T \times 38mm(5\%)}{0.9T \times 51mm(45\%)}$	49.90 / 1.62	229.02 / 15.08	0.01183	0.520	25.51 / 3.42	0.10 / 8.1	2183 / 8	10.45
PP/Wy	Polypropylene50% : 1.0T×38mm / Wool50% : 22μm×1.5inch	51.20 / 1.58	207.99 / 7.21	0.01153	0.403	25.60 / 2.12	0.11 / 10.0	2633 / 9	18.14

Table 2 Material property of each fabric.

Symbol	Material & Mixing Rate	Note
PP/Pu	Polypropylene91% / Polyurethane9%	
PP/MCPET/Pu	Polypropylene46% / Polyester45% / Polyurethane9%	
PP/R/Pu	Polypropylene46% / Rayon45% / Polyurethane9%	Structure : Flat knitting
PP/N/Pu	Polypropylene46% / Nylon45% / Polyurethane9%	Diameter of knitting machine : 30"
CDPET/Pu	Polyester91% / Polyurethane9%	Number of needle : 2640
PP/C/Pu	Polypropylene46% / Cotton45% / Polyurethane9%	Gauge : 28
PP/Ac/Pu	Polypropylene46% / Acrylic45% / Polyurethane9%	
PP/W/Pu	Polypropylene46% / Wool45% / Polyurethane9%	

間の隙間が大きく布表面に凹凸がみられた。糸直径の布特性への影響が示唆された。重さを厚み(0.5gf/cm²

下)で除した密度を併記する。

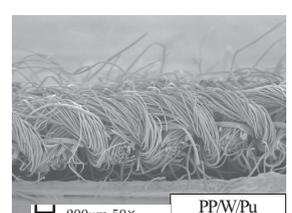
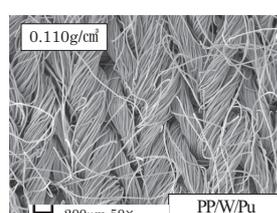
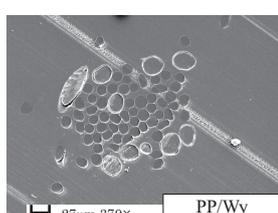
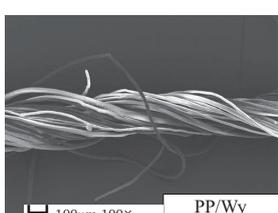
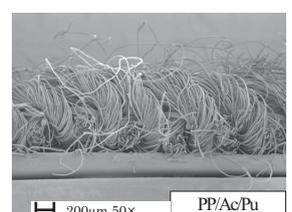
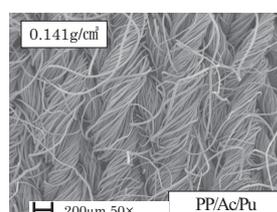
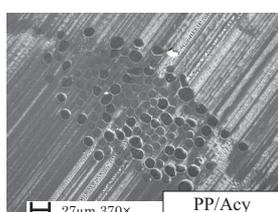
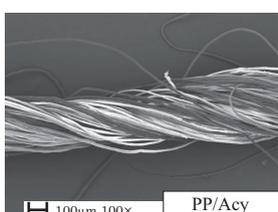
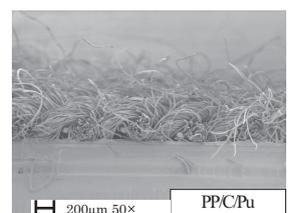
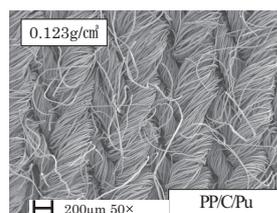
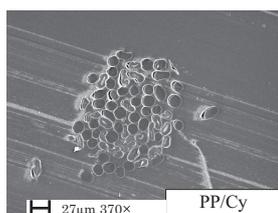
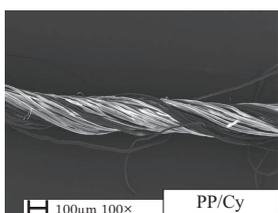
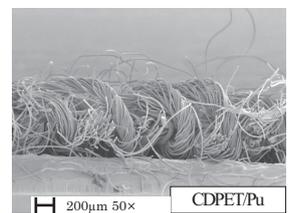
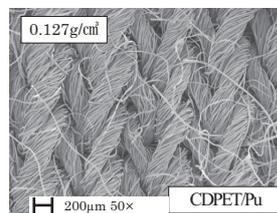
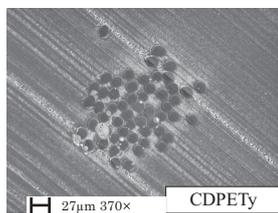
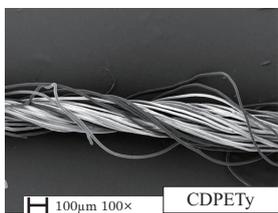
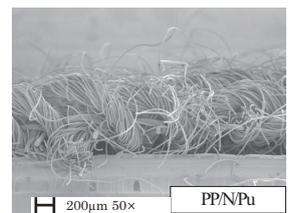
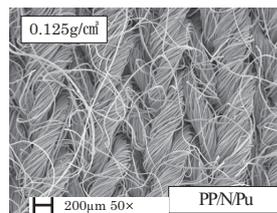
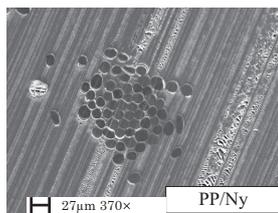
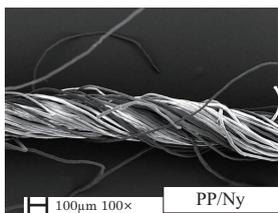
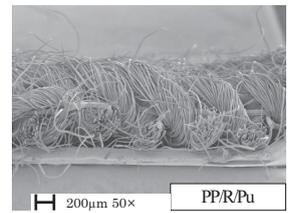
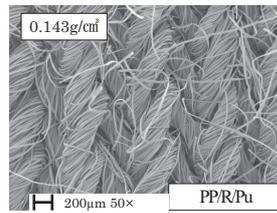
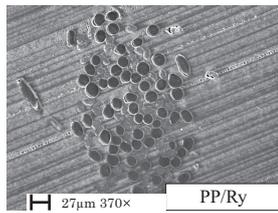
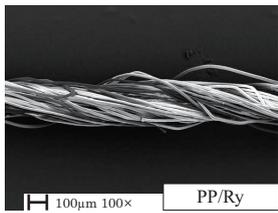
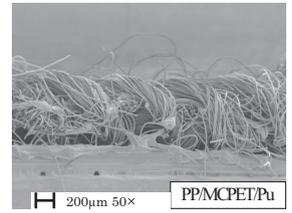
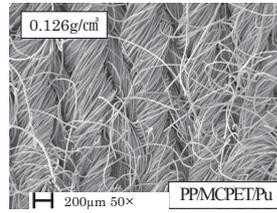
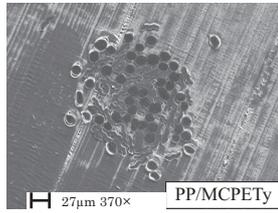
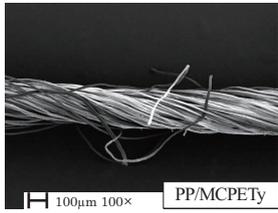
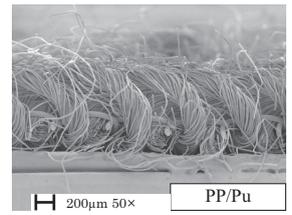
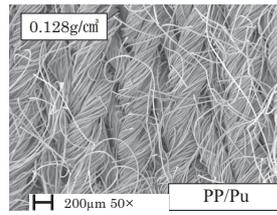
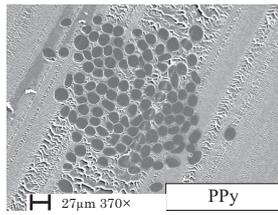
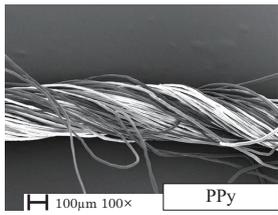


Fig. 1 Side of yarn

Fig. 2 Cross section of yarn

Fig. 3 Side of fabric

Fig. 4 Cross section of fabric

3. 実験

全てのサンプルについて、KESとJISとポーケン規格により物性を評価した。測定した物理量は、着衣や手触りを想定した際の布の変形に関する力学特性や重さと厚みといった基本力学特性と、通気・温熱・水分に関する熱・水分・空気の移動特性である。全ての項目について各サンプルから5枚の試料を切り出して測定し、その平均値を代表値とした。試料サイズはKESでは20cm×20cmとし、その他は各試験方法の規定に従った。

力学特性として、伸長、せん断、曲げ、圧縮、表面の各特性をカトーテック社製 KES-FB システム [5] を用いて測定した。伸長特性として引張り直線性(LT)、引張りレジリエンス(RT)、引張り仕事量(WT)、引張り歪み(EMT)を測定した。伸長が大きく高感度測定条件での計測が不可能であったため、コース方向は任意測定条件にて最大荷重 30gf/cm、引っ張り速度 2mm/s で測定した。ウェール方向は任意測定条件で最大荷重 12.5gf/cm、引っ張り速度 5mm/s により測定した。せん断特性として標準測定条件によりせん断剛性(G)、せん断角 0.5°でのヒステリシス幅(2HG)を測定した。曲げ特性として標準測定条件にて曲げ剛性(B)、曲げヒステリシス幅(2HB)を測定した。圧縮特性として高感度測定条件にて圧縮直線性(LC)、圧縮レジリエンス(RC)、圧縮仕事量(WC)を測定した。表面特性として標準測定条件にて平均摩擦係数(MIU)、摩擦係数の変動(MMD)、表面粗さ(SMD)を測定した。厚み(Th)は荷重 0.5gf/cm² 下で測定した。重さ(We)は単位面積あたりの重量である。

通気特性としてカトーテック社製 KES-F8 [6] を用いて通気抵抗(R)を測定した。温熱特性としてカトーテック社製 KES-F7 サーモラボ [7] を用いて q-max、熱コンダクタンス(K'), ドライコンタクト法による保温率(Qd)を測定した。水分特性として JIS [8~10] により水分率(MC) (L1096)・吸水性(WA) (L1907 バイレック法)・透湿度(MV) (L1099A-2)を測定した。ポーケン規格 [11,12] により吸水速乾性(WAQD) (蒸散性(II)試験-ポーケン規格 BQE A 028)・吸湿発熱性(MAET) (ポーケン規格 BQE A 035)を測定した。吸水速乾性は 20 分後の蒸散率を代表値とした。透湿度と吸湿発熱性を除くすべての測定環境は 20℃, 65% RH であった。透湿度は 40℃, 50%RH で測定した。吸湿発熱性として環境を 20℃, 40%RH から 20℃, 90%RH に変化させたときの温度変化を測定した。伸長・せん断・曲げ・表面・吸水性の各特性についてはコース方向とウェール方向を別に測定した。両面の測定が可能な項目については、肌着として着用した場合に直接肌に接する裏面のデータを測定した。

4. 結果と考察

4.1 物性評価実験

コース方向とウェール方向が別に測定可能な基本力学特性の変形性に関する全項目では、データのばらつきがコース方向に比べウェール方向の方が大きい傾向がみられた。代表例として図 5 にせん断特性 G の測定結果を示す。図 6 にせん断特性 2HG の測定結果を示す。コース方向とウェール方向を別に測定可能な項目ではデータのばらつきの小さいコース方向のデータを代表値とした。

各測定項目ごとに PP/Pu の測定値が 0 かつ標準偏差が 1 になるように (1) 式により Zi に規格化した。ただし、i は各サンプル、X は各物性値、σ は全サンプルの物性値の標準偏差である。

$$Z_i = \frac{X_i - X_{PP/Pu}}{\sigma} \quad (1)$$

値が 0 より大きいサンプルは PP/Pu に比べ値が大きく、0 よりも小さいサンプルは PP/Pu よりも値が小さい。PP/Pu と他のサンプルの比較により混紡の効果について考察した。また、PP/Pu と CDPET/Pu の比較により PP と CDPET の特性差について考察し

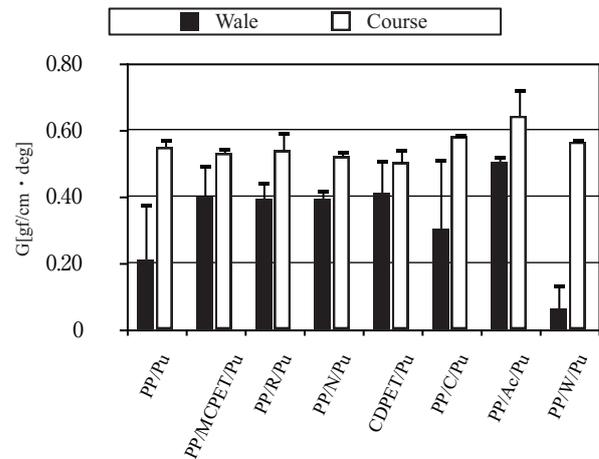


Fig. 5 Results of G by KES-FB1

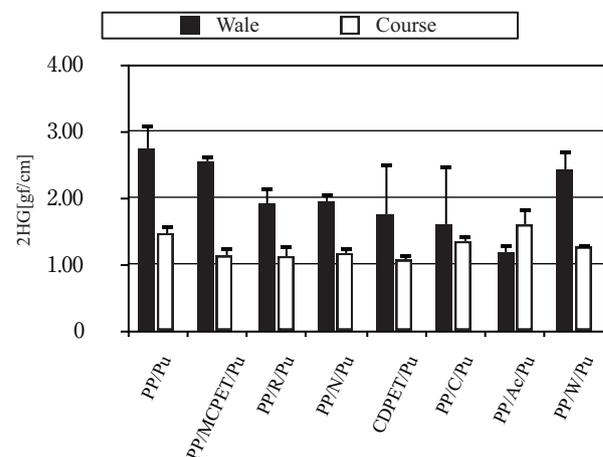


Fig. 6 Results of 2HG by KES-FB1

た。分散分析により全測定項目で危険率1%の有意差が確認されたため、PP/Puとその他のサンプルの間の差についてフィッシャーの最小有意差法による多重比較から統計的に検討した。解析にはエクセル統計2010を用いた。各特性について順に述べる。

A. 基本力学特性

(a) 伸長特性

図7に基本力学特性の測定結果を示す。LTはPP/Puを除く他の全てのサンプルとPP/Puとの間に危険率1%の有意差がみられた。混紡に伴い値が小さくなった。RTはPP/Puと全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。混紡に伴い値が大きくなり回復性が増した。WTはPP/Ac/Puを除く他の全てのサンプルとPP/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。混紡に伴いWTは大きくなった。EMTはPP/Puと他の全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。EMTはWTと同様の傾向であり、混紡に伴い値が大きくなり伸長変形しやすくなった。要因として、恒重式番手法で規格化したためPPyの繊維本数が多く糸直径が大きかったことがあげられる。PP/PuとCDPET/Puを比較すると、PP/PuはLTが大きく、RT・WT・EMTが小さかった。ヤング率はPETの方が高いとされるが[13]、PP/PuはCDPET/Puに比べ伸び変形しにくかった。PETは比重が重く、PPyに比べCDPETyの繊維本数が少なく

糸直径が小さいため、糸の弾性係数が小さく柔らかいことが要因と考えられる。糸の弾性係数が小さいほど布が伸長変形しやすい傾向がみられるため、糸の伸長特性が布の伸長特性に反映されたと考えられる。

(b) せん断特性

GはPP/PuとPP/Ac/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。アクリルの混紡に伴いせん断剛性が大きくなった。2HGはPP/PuとPP/MCPET/Pu・PP/R/Pu・PP/N/Pu・CDPET/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとPP/W/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。PP/Puに比べ値が小さいサンプルが多く、混紡に伴い、せん断回復性が良くなることが示唆された。PP/PuはCDPET/Puに比べ、せん断回復性が悪かった。混紡に伴い繊維本数が減少する傾向であったため、変形時の摩擦によるエネルギー損失が減少し回復性が良くなったと考えられる。

(c) 曲げ特性

BはPP/Puとその他の全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/Puの値が最大となり、混紡に伴い曲げ剛性が低下した。2HBもPP/Puとその他の全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。混紡に伴い曲げ回復性が増加した。せん断特性と同様に混紡に伴い繊維本数が減少する影響があったと考えられる。CDPET/PuはPP/Puに比べ曲げ剛性が小さく、回復性が良かった。

(d) 圧縮特性

LCはPP/PuとCDPET/Pu・PP/C/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとPP/Ac/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。コットンやウールの混紡でLCは減少し、アクリルの混紡でLCは増加した。PP/Puに比べCDPET/PuはLCが小さかった。RCはPP/PuとPP/R・PP/N/Pu・CDPET/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとPP/Ac/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。レーヨンとナイロンの混紡に伴い圧縮回復性が減少した。アクリルの混紡で圧縮回復性が減少した。CDPET/PuはPP/Puに比べ圧縮回復性が悪かった。WCはPP/PuとPP/C/Pu・PP/Ac/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとPP/R/Pu・CDPET/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。レーヨン・コットン・アクリルの混紡に伴い圧縮されにくくなった。ウールの混紡に伴い圧縮されやすくなった。PPとCDPETの比較では、PP/Puに比べCDPET/Puは圧縮されにくかった。

(e) 表面特性

MIUはPP/PuとPP/MCPET/Pu・PP/N/Pu・CDPET/Pu・PP/C/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとPP/Ac/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。MMDはPP/PuとCDPET/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%で有意差が

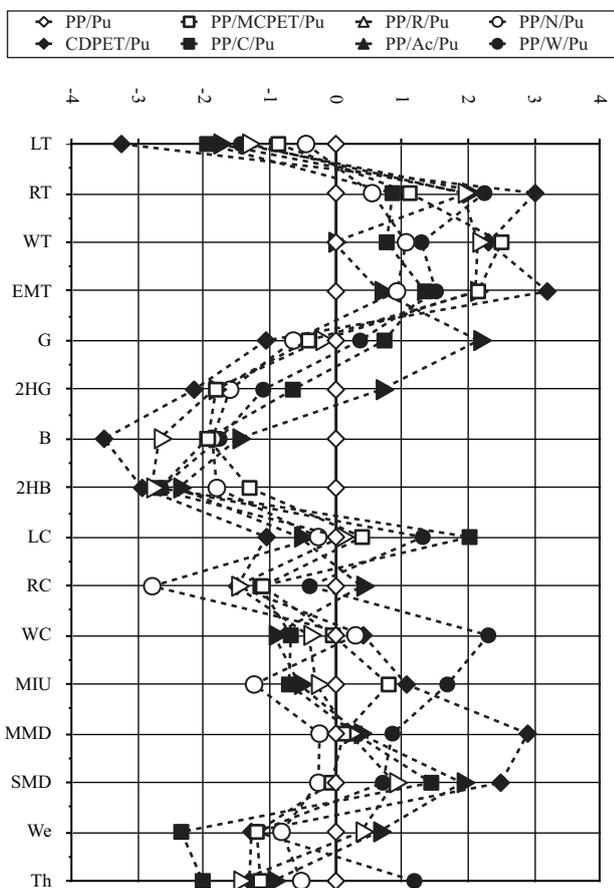


Fig. 7 Results of basic mechanical properties

みられ、PP/Puに比べCDPET/Puは高い値であり、ウールの混紡に伴いMMDが大きくなった。SMDはPP/PuとCDPET/Pu・PP/C/Pu・PP/Ac/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。コットンやアクリルの混紡はSMDを大きくした。PP/Puに比べCDPET/PuはSMDが大きかった。PP/PuとCDPET/PuはMIU・MMD・SMDの全てが異なった。図3・図4の布画像をふまえると、MMDとSMDの差がみられた理由は、糸直径の小さいCDPETyは布組織を疎にし、摩擦係数の変動と表面粗さが大きくなったことが考えられる。つまり、比重の差が表面特性に影響したことが示唆されたと考えられる。

(f) 重さ・厚さ

重さはPP/Puとその他のPP/Ac/Puを除く全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。厚さはPP/PuとPP/R/Pu・CDPET/Pu・PP/C/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとPP/MCPET/Pu・PP/Ac/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。

B. 熱・水分・空気の移動特性

図8に熱・水分・空気の移動特性を示す。通気抵抗は、PP/Puとその他のPP/R/Puを除く全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。恒重式番手法で規格化したため、混紡に伴い繊維本数が減少し糸直径が細くなり布の空隙が増したことが要因と考えられる。q-maxはPP/PuとPP/R/Pu・CDPET/Pu・PP/C/Pu・PP/Ac/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。レーヨン・コットン・アクリルの混紡でq-maxが大きくなり、ウールの混紡でq-maxが小さくなった。PP/Puに比べCDPET/Puはq-maxが小さかった。熱コンダクタンスはPP/Puとその他のCDPET/Puを除く全サンプルの間に危険率1%で有意差がみられ、PP/PuとCDPET/Puの間に危険率5%の有意差がみられた。ドライコンタクト法による保温率はPP/Puとその他の全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられ、PPに対して他の素材を

混紡することにより保温率が低下した。比重の差に起因し繊維本数が減少し糸直径が小さくなる効果と熱伝導性が上がる効果によると考えられる。PP/Puに比べCDPET/Puは保温率が低かった。透湿度はPP/PuとCDPET/Puの間に危険率1%の有意差がみられ、比重の差に起因する直径の差の効果や繊維本数の差により布の空隙量が異なったことが要因と考えられる。吸水性はPP/PuとPP/MCPET/Pu・PP/R/Pu・PP/Ac/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。アクリルやMCPETの混紡により吸水性は向上し、レーヨンやウールの混紡に伴い減少した。吸水速乾性はPP/PuとPP/MCPET/Pu・CDPET/Pu・PP/Ac/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。アクリルやMCPETの混紡で吸水速乾性が向上した。PP/Puに比べCDPET/Puは吸水速乾性が高かった。水分率はPP/Puとその他のPP/Ac/Puを除く全てのサンプルの間に危険率1%の有意差がみられた。PPは公定水分率0[4]であるが、水分率は混紡に伴い増加した。吸湿発熱性はPP/PuとPP/R/Pu・PP/C/Pu・PP/W/Puの間に危険率1%の有意差がみられた。PP/PuとCDPET/Puの特性差は、通気抵抗・q-max・熱コンダクタンス・Qd・透湿度・吸水速乾性・水分率において確認できた。比重の差に起因する糸直径や繊維本数の差の効果と、CDPETの親水性表面処理に伴う効果があらわれたと考えられる。

4.2 主成分分析による特徴抽出

PPに対して他の素材を混紡した際に変化の大きい特性を特定するために、全ての物理特性の測定項目についてZスコアを算出し主成分分析した。解析には統計ソフトRの関数pccompを用いた。解析結果を表3に示す。固有値の累積寄与率は第4主成分までで85.9%となったので、第1主成分から第4主成分までを用いて考察した。

第1主成分は透湿度が高く通気抵抗が小さいと主成分得点が大きくなることから布の空隙の大きさを反映した成分と考えられる。MMDが正の寄与となっているのは混紡により糸直径が小さくなるに伴い布の糸間の空隙が大きくなると、摩擦係数の変動も大きくなるためと考えられる。RT・EMT・WTといった伸長特性や曲げ特性であるBの寄与も大きい。PPは比重が軽いため、恒重式番手法で各種素材と混紡すると糸直径が小さくなり繊維本数が減少することが力学特性へ影響することが考えられる。比重の差に起因する糸直径や繊維本数の効果が集約された成分である。

第2主成分は熱の移動のしやすさを反映した成分と考えられる。K'やq-maxが大きく、厚みが小さくWCが小さく圧縮されにくいと主成分得点が大きくなる。圧縮特性は布断面の空隙の影響を受けるため熱移動に関係したと考えられる。MIUは布の表面形状を反映するパラメータであり熱移動と関係したと考えられる。

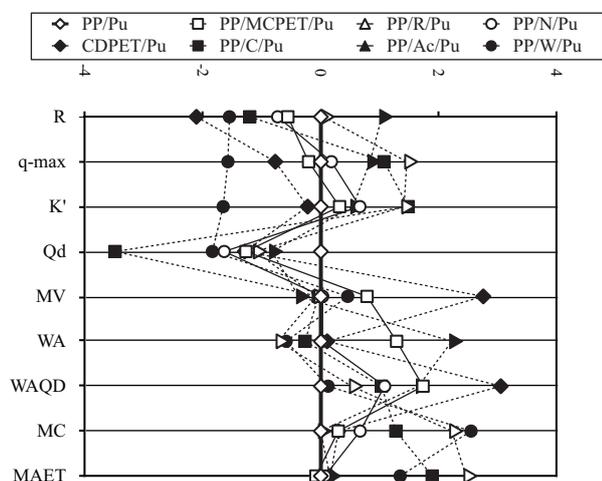


Fig. 8 Results of heat, moisture & air transfer properties

Table 3 Results by primary component analysis.

Item	PC1	PC2	PC3	PC4
EMT	0.312	0.094	0.006	0.064
MMD	0.283	0.021	-0.192	-0.102
WT	0.257	0.012	0.071	0.214
MV	0.290	-0.028	-0.188	0.108
LT	-0.258	-0.197	0.080	0.231
R	-0.274	0.149	-0.100	-0.046
B	-0.292	-0.184	-0.048	-0.023
K'	-0.097	0.381	0.167	0.161
q-max	-0.153	0.366	0.148	0.038
MIU	0.198	-0.269	-0.119	-0.144
WC	0.138	-0.397	0.042	-0.088
Th	-0.046	-0.417	-0.063	-0.126
LC	-0.035	-0.099	0.352	-0.194
MAET	0.049	0.089	0.373	-0.217
MC	0.093	-0.123	0.350	-0.206
We	-0.166	0.057	-0.191	-0.034
WAQD	0.191	0.166	-0.310	0.096
Qd	-0.106	-0.099	-0.319	0.127
WA	-0.104	0.156	-0.321	-0.048
2HB	-0.217	-0.180	-0.131	0.264
RT	0.254	0.067	-0.119	-0.256
2HG	-0.252	0.032	-0.131	-0.302
SMD	0.168	0.241	-0.139	-0.316
RC	-0.131	-0.065	-0.203	-0.379
G	-0.183	0.120	-0.050	-0.418
Standard Deviation	2.979	2.190	2.137	1.802
Contribution	35.5	19.2	18.3	13.0
Cumulative Contribution Ratio	35.5	54.7	72.9	85.9

PP に対して混紡する素材を変えることで熱移動特性が大きく変化した。

第3主成分は混紡により付加されるPPが有する固有の特性に相反する性質を反映した成分と考えられる。吸湿発熱性と水分率が大きく、Qd・吸水速乾性・吸水性が小さいと得点が大きくなる。PPは低熱伝導性を有し軽い素材であり、恒重式番手法で規格化したため混紡に伴い繊維本数が減少し糸直径が小さくなり布の空隙が増えた影響で、Qdは混紡により小さくなったと考えられる。PPは公定水分率0であるから水分率や吸湿発熱性は混紡により大きくなった。比重の差に起因する効果と熱・水分移動特性の情報が集約された成分である。重さが負の寄与となったのはPP/Puが比較的重なったためである。

第4主成分は、RT・2HB・2HG・RCといった変形後の回復性に関する項目の寄与が大きく、力学的な変形に対して戻りやすいと主成分得点が大きくなる傾向である。変形後の回復性に関する項目は、混紡に伴い回復性の良くなる繊維本数の効果の示唆された力学特性であった。SMDが負の寄与となっているが、恒重式番手法で規格化したため混紡に伴い糸直径が減少しSMDが大きくなった。混紡に伴い糸直径と繊維本数が同時に変化したためSMDの寄与が大きくなったと考えられる。

PPと他の素材を混紡する際には力学的な回復性・熱伝導性・比重・水分特性という主に4つの視点から混紡による効果を確認できた。混紡により繊維本数が

減少し変形後の回復性に影響したことが示唆された。恒重式番手法で規格化した場合は比重の効果が糸直径や繊維本数にあらわれ通気抵抗・透湿度・保温率といった熱・水分移動特性に影響した。疎水性のPPと他の素材を組み合わせることで水分移動特性が変化した。

4.3 クラスタ分析によるサンプルの分類

全測定項目のZスコアに対してウォード法によりクラスタ分析することでサンプルを分類し基準サンプルであるPP/Puからの特性の変化の程度を考察した。解析には統計ソフトRの関数hclustを用いた。デンドログラムを図9に示す。クラスタ作成の履歴を表4に示す。

クラスタ1にPP/MCPET/PuとPP/N/Puが分類された。この2つは8つのサンプルの中で最も特性が近い。クラスタ2にはPP/R/PuとPP/C/Puが分類された。双方ともセルロース由来の素材であり水分特性が似ているため同じクラスタに分類されたと考えられる。PPは疎水性であるからセルロースを混紡すると特性が基準サンプルと離れた。クラスタ3はPP/Puとクラスタ1により形成された。MCPETを混紡することで水分移動特性は変化した。その他の項目は大きく特性が変わらなかったためである。ナイロンを混紡した場合も基準サンプルと特性が近くなった。クラスタ4はクラスタ1とPP/Ac/Puから形成された。アクリルを混紡した場合も特性は基準サンプルに近くなった。クラスタ5はPP/W/Pu

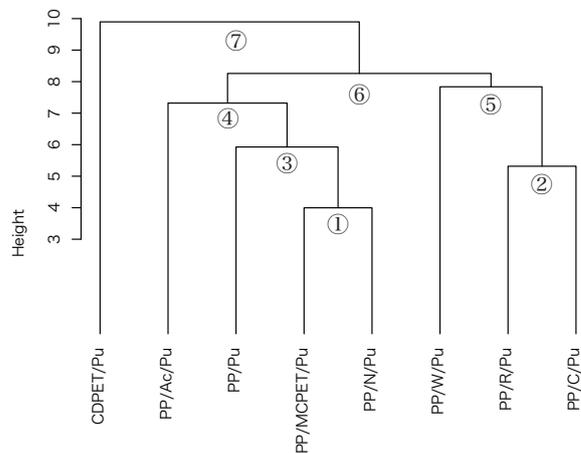


Fig. 9 Dendrogram by cluster analysis

Table 4 Creating history of cluster.

STEP	Component	Symbol
STEP1	PP/MCPET/Pu PP/N/Pu	① Cluster1
STEP2	PP/R/Pu PP/C/Pu	② Cluster2
STEP3	PP/Pu Cluster1	③ Cluster3
STEP4	Cluster1 PP/Ac/Pu	④ Cluster4
STEP5	Cluster2 PP/W/Pu	⑤ Cluster5
STEP6	Cluster4 Cluster5	⑥ Cluster6
STEP7	Cluster6 CDPET/Pu	⑦ Cluster7

とクラスター2からなる。このクラスターには水分率の大きいサンプルが含まれた。PPは公定水分率0であるから基準サンプルから離れたと考えられる。クラスター6はクラスター4とクラスター5から形成された。クラスター6には全てPPの含まれているサンプルが属した。CDPET/Puは孤立した特性を有し基準サンプルと最も離れた特性を有するといえる。PPとPETの比重の差に起因する糸直径や繊維本数の差と、CDPETの親水性化処理に起因する水分特性の差のため特性が離れたと考えられる。

5. 結 言

本稿ではPPに対して混紡する素材の効果を物理面より検討した。PPに対して混紡する素材の効果を基本力学特性と熱・水分移動特性から調査した。基本力学特性においては、回復性に関する繊維本数の効果と比重の差による効果がみられた。PPの比重は0.91と最も軽いため、恒重式番手法で規格化し糸を作製した場合、PP単体では繊維本数が多く糸直径が大きくなり、混紡により繊維本数が減少し糸直径が小さくなる傾向であった。また、混紡に伴い回復性が増した。熱・水分移動特性においては、PPは疎水性であり公定水分率が0であるから、吸水性・吸水速乾性・水分率で混紡に伴う効果が顕著であった。異形断面ポリエステルやアクリルの混紡により疎水性のPPに水分移動特性を付加できた。

主成分分析により潜在因子として比重の差に起因する糸直径の効果と回復性に関する繊維本数の効果と熱移動の効果と水分移動の効果が抽出された。PPの特徴は比重の軽さと熱伝導率の低さと疎水性である。これらに関わる特性が混紡に伴い大きく変化した。比重・疎水性・低熱伝導性というPPが有する固有の性質の影響があった。PPと他の素材を組み合わせると、PPは嵩を大きくするか軽くする効果・熱伝導性を下げる効果があり、それに伴い回復性を減少することが示唆された。

クラスター分析によりサンプルを分類した結果、コットンやレーヨンというセルロースやウールを混紡した場合は特性が大きく変わることが判明した。異形断面ポリエステルやナイロンやアクリルを混紡した場合は比較的PPの特性は損なわれない。PP/MCPET/PuはMCPETの混紡により水分移動特性を付加できたにも関わらず最もPP/Puに近い特性と

なった。CDPET/PuとPP/Puが最も離れたクラスターに分類されたのは、比重と水分特性が異なったことに起因する。

今後、着用実験などにより検討を重ね順次報告する予定である。この研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(B)、課題番号:25280099)の支援を受けた。

文 献

1. H. Yamamoto, *Sen'i Gakkaishi*, **61**, 319-321 (2005).
2. Website of "Japan Chemical Fibers Association" ([http://www.jcfa.gr.jp/about/pp/pdf/pp_toriatsukai\(20121227\).pdf](http://www.jcfa.gr.jp/about/pp/pdf/pp_toriatsukai(20121227).pdf)) (13-10-2015).
3. H. Mizuhashi, M. Kamijo, H. Yoshida, M. Kubo, International Conference on Biometrics And Kansei Engineering, Proceedings of ICBAKE2013, 35-40 (2013).
4. Japan Chemical Fibers Association, "*Sen'i Handbook (in Japanese)*", The Special Sale of Japan Chemical Fibers Association (2015).
5. S. Kawabata, "*The Standardization and Analysis of Hand Evaluation*" (2nd Ed.), The Textile Machinery Society Japan (1980).
6. S. Kawabata, "Development of An Automatic Air-permeability Tester", *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **40**, 59-67 (1987).
7. S. Kawabata, *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **37**, 130-141 (1984).
8. Japanese Standards Association, "*JIS L 1096: 2010 Testing methods for woven and knitted fabrics*", Japanese Standards Association (2010).
9. Japanese Standards Association, "*JIS L 1099: 2012 Testing methods for water vapor permeability of textiles*", Japanese Standards Association (2012).
10. Japanese Standards Association, "*JIS L 1907: 2010 Testing methods for water absorbency of textiles*", Japanese Standards Association (2010).
11. Website of "BOKEN" (http://www.boken.or.jp/service/clothing/functionality/quick_dry.html) (13-10-2015).
12. Website of "BOKEN", (http://www.boken.or.jp/service/clothing/functionality/moisture_exothermic.html) (13-10-2015).
13. M. Takahama, *Sen'i Gakkaishi*, **21**, 66-71 (1965).