

分割繊維による複合不織布の形態安定性に関する研究

—スパンレース／スパンボンド分割繊維複合不織布のバギング性についての研究—

熊田亜矢子*, 矢井田 修**, 藤井 綾子***

(2016年11月24日 受理)

Shape Stability of Composite Nonwoven by Using Dividual Fibers — Bagging Characteristics of Spunlace/spunbond Dividual Fiber Composite Nonwovens —

Ayako KUMADA*, Osamu YAIDA**, Ayako HUIII***

Nonwovens has been manufactured by using various types of fibers and are used in technical applications widely. Although various manufacturing methods are being proposed and new nonwovens are being developed for commercial uses, few of these nonwovens are can be used for apparel. Therefore, adaptation of nonwovens for clothing for apparel is most important problem. In this study, spunlace/spunbond composite nonwovens was manufactured by using dividual fibers and compared with conventional spunlace/spunbond composite nonwovens. And then bagging tests confirmed the higher bagging characteristics of composite nonwovens with dividual fibers than that of conventional composite nonwovens. By using dividual fibers, the performance of composite nonwovens is improved remarkably, and the possibility of nonwovens for apparel has been ensured.

Keywords: dividual fiber 分割繊維, composite nonwovens 複合不織布, shape stability 形態安定性, bagging characteristics バギング性

1. はじめに

今日、不織布は多種多様な繊維で作られ、多様化されている。産業分野をはじめ医療分野にも多くの製品が展開されている。現在、さまざまな製造方法が考案され、新しい不織布を開発し実用化されているが、衣料用として展開されている不織布は少なく、芯地や肩パッドなどが主である。今後、さらなる不織布の用途展開として、衣服への適応は重要な分野である。そのため、衣服用途として適応するためには、物理的性能だけでなく風合いや審美的性能が織物に近い不織布を開発することが課題となっている。

まず、風合いに関して、衣料用途に最も適切だと考えられる不織布としてスパンレース不織布が挙げられる。

しかし、スパンレース不織布は、審美的性能の代表的な性質であるバギング性¹⁾²⁾³⁾に関して、その製造原理が原因のため織物に劣ると考えられている。また、スパンボンド不織布は連続繊維で構成されているため力学的性質に優れているという特徴がある⁴⁾⁵⁾。

そこで、本研究では衣料用途への不織布の適用が可能かどうかを検討するため、スパンレース不織布のバギング性 (2010)⁶⁾ で、まず風合いに優れたスパンレース不織布のバギング性の向上を目指し、スパンレース不織布の製造条件や基本力学量とバギング性との関係を明らかにすることを目的とした。次に、スパンレース不織布単体では、満足すべき結果が得られなかったため、複合化による不織布のバギング性 (2010)⁷⁾ でスパンボンド不織布を複合化することにより、衣料用途への適応が可能かどうか検討した結果、スパンレース不織布単体の時よりもバギング性において良好な結果が得られた。さらに、バギング性について積層構造やウォータージェットの打ち

* 広島女学院大学人間生活学部生活デザイン・建築学科准教授

** 元京都女子大学家政学部生活造形学科教授

*** 京都女子大学家政学部生活造形学科卒業生

方を変えて検討した。本研究では、分割複合繊維を用いて不織布を試作し、スパンレース／スパンボンド複合不織布と比較することにより、力学的性能を明らかにすることを目的とする。

2. 実験試料および実験方法

(1) 実験試料

1) 実験試料詳細

実験試料として、製造原料、製造条件および積層構造の異なる分割繊維による6種類(A1, A2, B1, B2, C1, C2)の分割繊維複合不織布を用いた。試料Aは2層構造、試料Bと試料Cは3層構造とした。製造条件として、試料1は片面打ち、試料2は両面打ちとした。また、この実験での片面打ちとは、一方方向から水圧を加えて試料を片面打ちにしたもので、上下から水圧を加えて作った試料を両面打ちとした。各試料の詳細を表1に示し、複合不織布の詳細を表2に示す。

2) 分割複合繊維について

2種の異なる高分子(ポリマー)を同時に同じ細孔から押し出し、作製した繊維を複合繊維という。この複合繊維は2つの成分から構成されているため、布へとなる際、複合繊維の一方の成分を溶解し分割させてから極細繊維(分割繊維)を製造する方法や、熱収縮の異なる2つの成分から構成されている繊維を糸にしてから熱を加えることにより、糸に捲縮がかかり僅かに伸縮性のある糸とする方法など、2種の各繊維の持つ特性を生かすことができる。

今回、スパンボンド法によって作製したPP-PET不織布、スパンレース法によって作製したP91不織布には分割繊維を用いている。PP-PET不織布には、ポリプロピレンとポリエステル2種を組み合わせたポリプロピレン-ポリエステル分割繊維を用いた。P91不織布は、ポリプロピレンとポリエステルを交互に配列された20分割構造を持つ複合繊維を、スパンレース処理によって極細短繊維へと分割させて作製した不織布である。P91不織布で用いた繊維断面を図1に示す。

(2) 実験方法

本研究に使用したバギング試験装置は、Celanese社のバギング試験装置⁸⁾を参考にして試作したもので、最大荷重や荷重時間などの実験条件を変化させてスパンレース不織布のバギング性(2010)⁶⁾と同じ手順⁸⁾⁹⁾を用いた。今回の実験では、複合化によるバギング性の改善を目指し、スパンレース不織布にスパンボンド不織布を水流交絡法によって複合した複合不織布を試作し、スパンレース不織布単体の場合と同様に複合不織布のバギング

試験を行い、KES法によって得られる基本力学特性(引張り、剪断、圧縮、曲げ、表面特性)および基本風合い値との関係を調べた。

3. 評価方法

(1) バギング性の評価方法

不織布のバギング性の評価として、セラニーズ社のバギング試験による評価値である瞬間残留変形値(IG値)、残留変形値(ID値)、瞬間回復率(IR値)およびX. Zhang氏による残留バギング高さを用いた^{4)~9)}。

(2) KES法による基本力学特性の測定

KES法により試料の基本力学的特性値(引張り、圧縮、専断、曲げ、表面)を測定した。バギング試験によって得られたIG値、ID値、IR値およびバギング高さとKES試験機による力学的特性との関係について比較検討した。

4. 実験結果

(1) バギング試験

バギング試験により得られたバギング評価値から、スパンレース／スパンボンド複合不織布と、スパンレース／スパンボンド分割繊維複合不織布を比較した。分割繊維複合不織布の複合率により、バギング性に及ぼす影響と実験条件を変えた場合でのバギング性に及ぼす影響を実験的研究から検討した。

1) 片面打ちと両面打ちの影響

図2より、分割繊維複合不織布の全ての試料において、残留変形値(ID値)の片面打ちと両面打ちとの違いに大きな差は見られず、瞬間残留変形値(IG値)、瞬間回復率(IR値)、バギング高さでも同様の結果が得られた。また、試料Aは2層構造、試料Bは3層構造だが、試料Bの方が瞬間残留変形値(IG値)および残留変形値(ID値)が大きい値であることから、積層構造が多ければバギング性は改善されるとはいえないことが明らかになった。これは、試料Aは試料Bより、力学的性能に優れたスパンボンド不織布の割合がスパンレース不織布の割合よりも多いことが要因であると考えられる。また、試料A, B, Cを比較すると、試料Cでは試料Aと試料Bより極端に小さい値が得られた。これは、試料Cのみがスパンボンド不織布を分割繊維にせずに製造したため、スパンボンド不織布本来の強度が反映されたと考えられる。

次に、図3より瞬間回復率(IR値)での片面打ちと両面打ちとの比較を試みたところ、試料Aと試料Bに大きな差は見られなかった。試料Bは試料AにPETシー

表1 試料詳細

試験名	分割繊維を用いたスパンボンド不織布とスパンレース不織布の複合不織布製造						
原料	繊維名		d	mm	配合 (%)	重量 (kg)	備考
	A	PET ウェブ	2.0	51	100	6.0	28 g/m ²
		スーパーアルシーマ スパンボンド不織布 (60 g/m ²)					A0505/WTC-0560 58.2 g/m ² PP-PET 分割繊維 SB
		合計	6.0				
	B	PET ウェブ	2.0	51	100	6.0	25 g/m ²
		PET スパンレース	2.0	51	100	6.0	25 g/m ²
		スーパーアルシーマ スパンボンド不織布 (40 g/m ²)					A0405/WTC-0500 39.1 g/m ² PP-PET 分割繊維 SB
	合計	12.0					
	C	分割繊維 P91スパンレース	3.0	51	100	3.0	30 g/m ²
		分割繊維 P91ウェブ	3.0	51	100	3.0	30 g/m ²
		PP スパンボンド不織布 (30 g/m ²)					旭化成エルタス P03030 450 m巾 (29.3 g/m ² PP100%)
	合計	6.0					
	製造条件	坪量	製造速度	乾燥温度	WJ メッシュ	作製数量	
90 g/m ²		7.0 m/min	120℃	50 mesh	試料 A, B : 35 m×11本 試料 C : 30×6本		
WJ		No.	WJ ノズル (mmφ×mmP)	WJ 圧力 (MPa)		備考	
		1st	0.10×1.0	シート	複合		
		2nd	0.10×1.0	3	—		
	3rd	0.16×1.0	—	11			
操作	PET シートの作製 (WJ2連打ち)						
	A	PET ウェブ, スパンボンド不織布の複合 (WJ2連打ち) 半分は同じ WJ 条件で裏からも打つ		PET ウェブ スパンボンド不織布	28 g/m ² 60 g/m ²		
	B	PET スパンレース, PET ウェブ, スパンボンド不織布の複合 (WJ2連打ち) 半分は同じ WJ 条件で裏からも打つ		PET スパンレース PET ウェブ スパンボンド不織布	25 g/m ² 25 g/m ² 40 g/m ²		
	P91シートの作製 (WJ2連打ち)						
	C	P91スパンレース, P91ウェブ, スパンボンド不織布の複合 (WJ2連打ち) 半分は同じ WJ 条件で裏からも打つ		P91スパンレース P91ウェブ スパンボンド不織布	30 g/m ² 30 g/m ² 30 g/m ²		

トを加えた構造である。このように PET シートを加えても強度に影響はみられなかった。しかし、試料 C は試料 A や試料 B と比較して顕著な差が得られた。試料 B は、スパンレース不織布をそのまま使用してスパンボン

ド不織布を分割繊維複合不織布にしたものである。試料 C は、スパンレース不織布を分割繊維複合不織布にしてスパンボンド不織布をそのまま使用したものである。したがって、スパンボンド不織布はそのまま使用するよ

表2 複合不織布の詳細

試料番号	メッシュサイズ	WJ圧力 (MPa)		打ち方	積層構造	備考
		一次圧	二次圧			
A	1	50	5	11	片面 ↓ 片面打ち 試料番号1 ↑ ↓ 両面打ち 試料番号2 ↑	PET ウェブ 28 g/m ² 分割PP-PET スパンボンド不織布 58.2 g/m ²
	2					
B	1				片面	PET シート 25 g/m ² PET ウェブ 25 g/m ² 分割PP-PET スパンボンド不織布 39.1 g/m ²
	2				両面	
C	1				片面	P91シート 30 g/m ² P91ウェブ 30 g/m ² PP スパンボンド不織布 29.3 g/m ²
	2				両面	

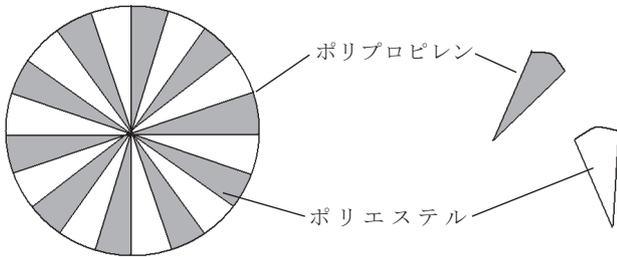


図1 P91繊維断面図

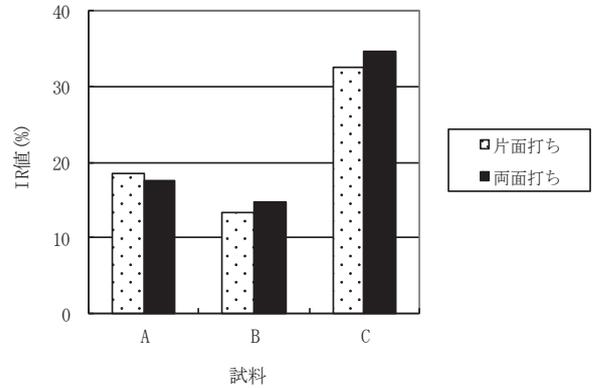


図3 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの瞬間回復率 (IR 値) 比較

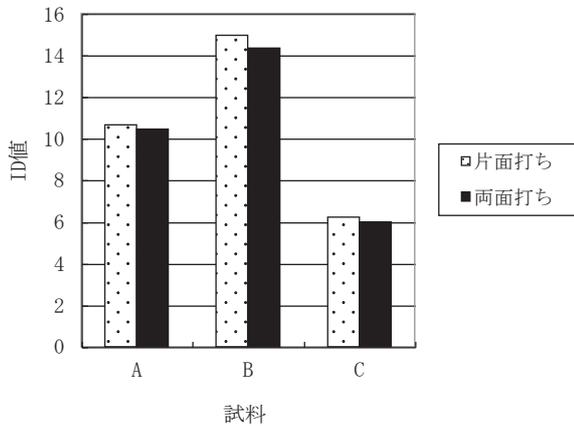


図2 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの残留変形値 (ID 値) 比較

り, 分割繊維複合不織布にすると強度が低下するのではないかと考えられる。

2) 分割繊維複合不織布とスパンレース/スパンボンド複合不織布との比較

図4より, 試料B1 (分割繊維複合不織布) とスパンボンド不織布の割合が同じ程度のスパンレース/スパンボンド複合不織布 (試料SL/SB40) のIG 値およびID 値を比較してみると, 試料B1 (分割繊維複合不織布) の方が

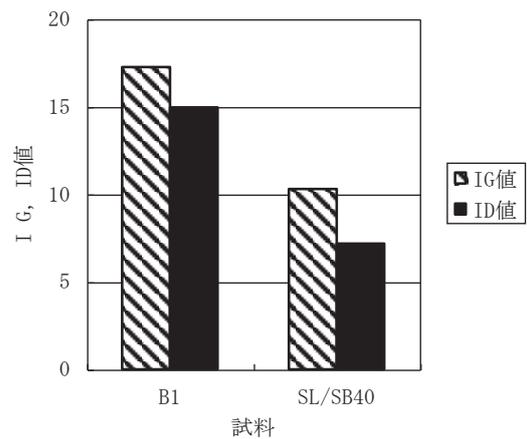


図4 試料B1と試料SL/SB40の瞬間残留変形値 (IG 値) および残留変形値 (ID 値) 比較

試料SL/SB40 (スパンレース/スパンボンド複合不織布) より変形が大きいことがわかった。これは, 力学的性能の優れたスパンボンド不織布を分割複合繊維にすること

によって、長繊維不織布を極細短繊維不織布にしたために、その力学的性能が損なわれたと考えられる。

しかし、図5より試料C1（分割繊維複合不織布）とスパンボンド不織布の割合が同じ程度のスパンレース／スパンボンド複合不織布（試料SL/SB30）のIG値およびID値を比較してみると、試料C1（分割繊維複合不織布）の方が試料SL/SB30（スパンレース／スパンボンド複合不織布）より変形が少ない結果が得られた。これはスパンレース不織布を分割複合繊維にすることによって、短繊維不織布であることが改善されたと考えられる。

3) 荷重変化による最大荷重の限界

次に、図6より最大荷重変化でのID値の比較を行った。最大荷重において、試料A1と試料B1では増加割合が大きく、試料C1では瞬間残留変形値の増加割合は小さい結果が得られた。また、試料A1では、5.1 kgfから6.8 kgfにおいて瞬間残留変形値の増加割合に差が見られなかったことより、試料A1における最大荷重の限界は5.1 kgfであると考えられる。また、試料B1は5.1 kgfまでは試料A1と同傾向が見られたが、6.8 kgfでも瞬間残留変形値の増加割合は変わらないことより、積層構造が3層であっても、試料A1のスパンボンド分割複合繊維の方が荷重に対して耐久性があると思われる。

また、図7は最大荷重変化での瞬間回復率（IR値）を示している。試料A1では、1.7 kgfから3.4 kgfで大きな差が見られ、3.4 kgf、5.1 kgf、6.8 kgfではあまり差は見られなかったことより、試料A1での瞬間回復率における最大荷重の限界は1.7 kgfであると考えられる。試料B1では、1.7 kgfと3.4 kgfでほぼ同じで、5.1 kgfから少し回復率の減少割合が大きくなるので、試料B1での瞬間回復率における最大荷重の限界は3.4 kgfであると考えられる。試料C1も試料B1と同様で、1.7 kgfと3.4 kgfでほぼ同じで、5.1 kgfから瞬間回復率における減少割合が大きくなるので、試料B1での瞬間回復率における最大荷重の限界は3.4 kgfであると考えられる。以上より、瞬間回復率における減少割合の大きいときが瞬間回復率における最大荷重の限界であると考えられる。また、瞬間回復率において試料C1が優れていると思われる。試料A1とB1とでは試料B1の方が最大荷重の限界荷重は大きいですが、試料A1の方が3.4 kgf、5.1 kgf、6.8 kgfと瞬間回復率がほぼ一定であるのに対して、試料B1は下降していることより、試料A1の方が最大荷重に対して耐久性があると考えられる。

4) 分割繊維複合不織布と複合不織布および織物と編物比較

図8は、分割繊維複合不織布と分割複合繊維でない複

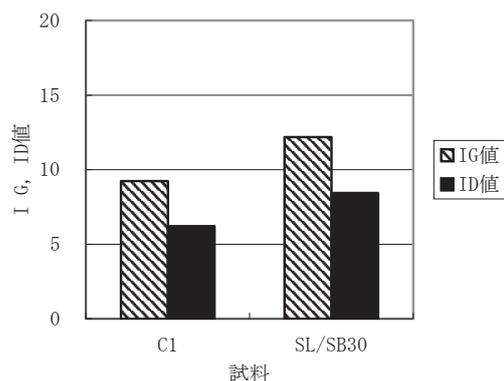


図5 試料C1と試料SL/SB30の瞬間残留変形値（IG値）および残留変形値（ID値）比較

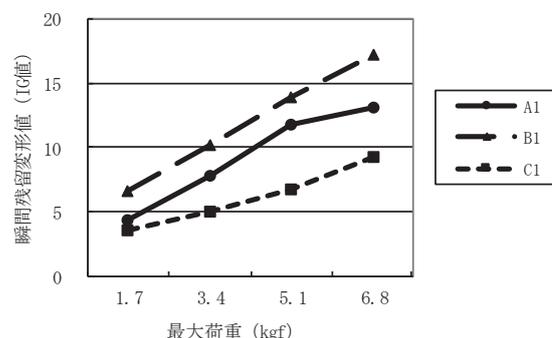


図6 試料A1, B1, C1の最大荷重変化における瞬間残留変形値（IG値）比較

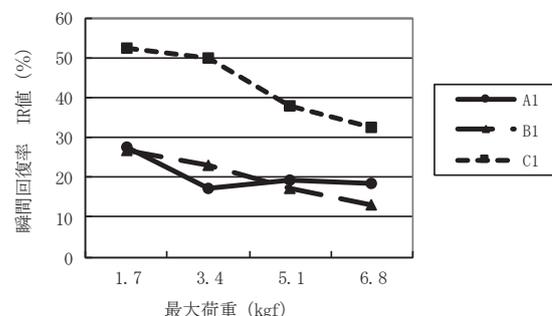


図7 試料A1, B1, C1の瞬間回復率（IR値）比較

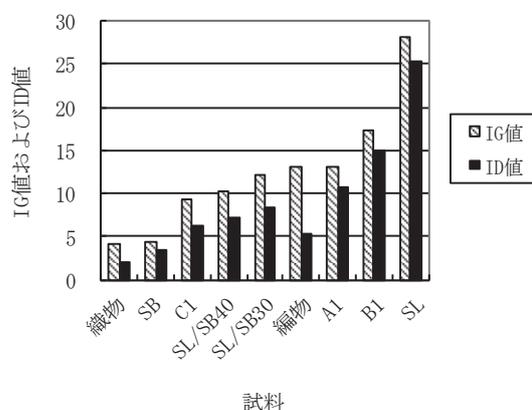


図8 試料A1, B1, C1（分割繊維複合不織布）と複合不織布および織物、編物における瞬間残留変形値（IG値）および残留変形値（ID値）

合不織布および織物, 編物との比較を総合的に示したものである。SBはスパンボンド不織布100%を示し, SLはスパンレース不織布100%を示す。スパンボンド不織布100%は織物の次に変形値は小さいが, 硬すぎて風合いが悪く衣料用途としては難しいと考えられる。そこで, バギング試験結果でバギング性が優れていた試料C1とスパンレース/スパンボンド複合不織布30 (SL/SB30)に着目すると, これらの2種類は同じ3層構造であるが, スパンレース/スパンボンド複合不織布30 (SL/SB30)は通常のスパンレース不織布を, 試料C1は分割スパンレース不織布を使用している。スパンレース不織布を分割することで変形しにくくなったと考えられる。また, 試料C1は織物および編物と比較しても, より織物に近いバギング性を示していることが明らかである。

次に, 図9より瞬間回復率 (IR 値) を総合的に比較した。試料C1は織物や編物と比較しても, より織物に近い回復率を示している。スパンレース不織布単体やスパンボンド不織布単体およびスパンレース/スパンボンド複合不織布と同等もしくはより高い瞬間回復率 (IR 値) を示している。したがって, スパンレース不織布とスパンボンド不織布を複合し, さらにスパンレース不織布を分割繊維にすることによって, より織物や編物の性能に近くなり, 試料C1は衣料用途として考えられる。

(2) KES-FB システム

力学的特性である引張り (LT, WT, RT), 曲げ (B, 2HB), 剪断 (G, 2HG, 2HG5), 圧縮 (LC, WC, RC), 表面特性 (MIU, MMD, SMD) を KES-FB システムで測定し, スパンレース/スパンボンド複合不織布とスパンレース/スパンボンド分割繊維複合不織布にした場合との違いを, その測定値とバギング評価値について検討する。

1) 引張特性

バギング性は, 力学的特性の引張特性に大きく影響を受けると考えられる。まず, 図10より WT 値 (引張仕事量) について, 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちを比較すると, バギング試験結果で得られた IG 値, ID 値は同じ傾向が得られ, 小さい順に試料 C, A, B であった。したがって, バギング性の評価値 IG 値と ID 値と KES 法による引張仕事量の測定値との間に高い相関が得られたことから, 基本力学量の測定により, バギング性を評価することができることが示唆された。また, WT 値は値が大きいほど伸びやすい。したがって, 試料 C1 は伸びにくい不織布であることが分かる。

2) 曲げ特性

曲げ特性の B 値 (曲げ剛性) および 2HB 値 (曲げヒス

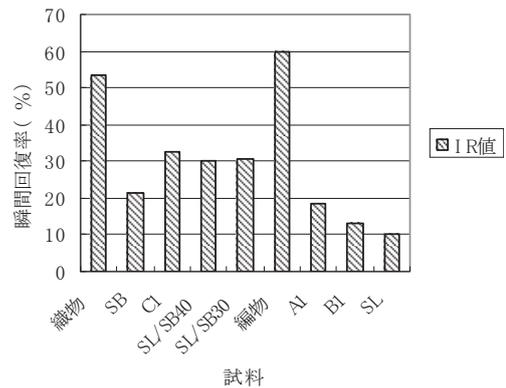


図9 試料 A1, B1, C1 (分割繊維複合不織布) と複合不織布および織物, 編物の瞬間回復率 IR 値 (%) 比較

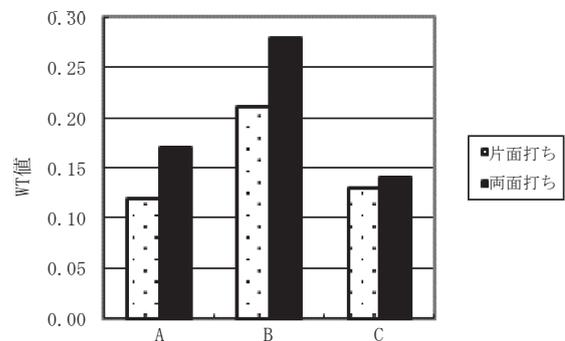


図10 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの引張仕事量 (WT 値) 比較

テリシス) で同じ傾向が得られた。図11より 2HB 値 (曲げヒステリシス) では試料 C が試料 A, B と比較して曲げ剛く回復性が悪いことがわかった。これは, 不織布の機能としての性能を高くして, ある程度の耐久性を持たせることが目的であるためである。また, 試料 A, B ではスパンボンド不織布を分割繊維にすることによって, 曲げ剛さが緩和され回復性も改善された。これは, スパンボンド不織布は曲げ剛いが長繊維であるため, 短繊維の分割繊維不織布にしたことによって弾力性が出来たため回復性は大きくなると考えられる。

3) 剪断特性

剪断特性の G 値では, 試料 C は試料 A, B と比較して, 明らかに剪断剛いことがわかった。また, 図12より 2HG 値 (剪断角 0.5° におけるヒステリシス) 2HG5 値 (剪断角 5° におけるヒステリシス) とともに, 曲げ特性ほど顕著ではないが同じような傾向が得られた。スパンボンド不織布の複合率が高くなるほど 2HG 値も僅かであるが大きくなる。これは, スパンボンド不織布は長繊維であり, 短繊維不織布のスパンレース不織布に比べて繊維同士が動きにくいことが, 剪断剛いことに起因していると思われる。

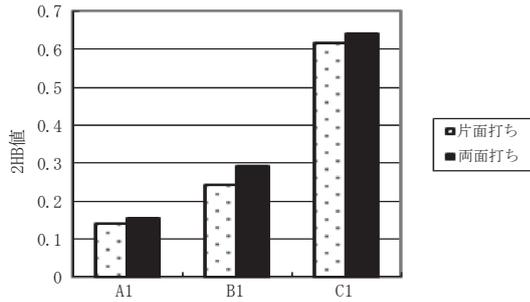


図11 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの2HB値（曲げヒステリシス）比較

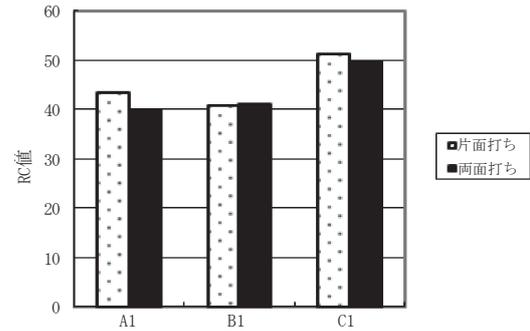


図13 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの圧縮特性（RC値）比較

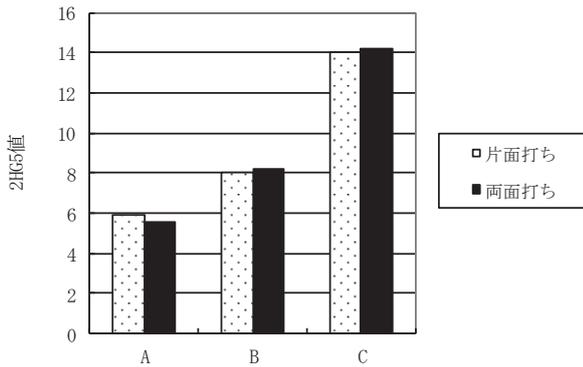


図12 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの2HG5値（剪断角5°におけるヒステリシス）比較

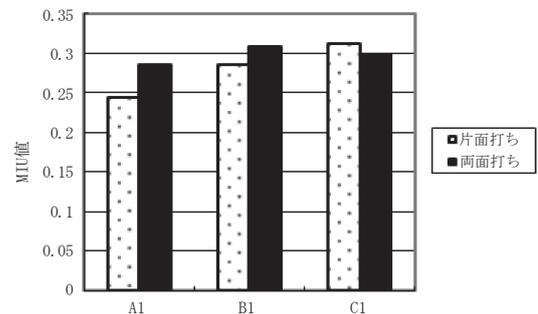


図14 分割繊維複合不織布の片面打ちと両面打ちでの表面特性（MIU値）比較

4) 圧縮特性

圧縮特性RC値では、片面打ちと両面打ちの違いにおける変化を図13に示す。全ての試料において、片面打ちと両面打ちの違いを変化させても、RC値に大きな差は見られなかった。したがって、同等の目付けの場合、複合不織布の積層構造の違いや、製造条件の違いが多少異なる不織布であったとしても、製造原料と配合が近いものであれば、圧縮特性に大きな影響を与えないと考えられる。

5) 表面特性

表面特性のMIU値（平均表面摩擦係数）では、表面は同じスパンレース不織布でも、スパンボンド不織布の複合率が高いほど値は小さくなり表面は滑らかになる。片面打ちと両面打ちの違いにおける表面特性の変化を図14に示す。これは、短繊維不織布のスパンレース不織布単体では、布表面はザラザラし、手や指に引っかかりがあるが、長繊維不織布であるスパンボンド不織布を複合するにつれ、表面の凹凸が少なくなり滑らかになるためと考えられる。また、スパンレース不織布の複合率が低くなると、目付けの小さいスパンレース不織布であるため、目付けが小さいほど繊維間の交絡点も少なく、繊維が少ない分ばらつきが生じにくいことに起因していると考えられる。

5. 結論

不織布の衣料用途への展開を目指し、風合いの観点からスパンレース不織布、力学的性能からスパンボンド不織布を選定し、バギング性に関する実験的研究を行った。スパンボンド不織布に分割繊維複合不織布を用いることにより、糸に捲縮がかかり僅かに伸縮性のある糸にすることで、より衣服用途として展開することのできる不織布を目指し試作し検討した。バギング試験結果より、分割繊維複合不織布は、スパンレース／スパンボンド複合複合不織布よりもバギング性が高いことが明らかになった。また、バギング性の評価値とKES法による基本力学量の測定値との間に高い相関が得られたことから、基本力学量の測定によりバギング性を評価することが示唆された。

謝辞

本研究を行うにあたり、懇切なるご指導を賜りました元京都女子大学教授矢井田修先生、大目木幸子助手、共同研究者である京都女子大学卒業生の藤井綾子さん、また実験にご協力頂きました高知県立紙産業技術センターの皆様、カトーテック株式会社京都営業所の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Thomas, W., Celanese Bagging Test for Knit Fabrics, *J. Am. Assoc. Textile Chem. Colour.* 3, pp. 231-233 (1971).
- 2) Elder, H. M., Fisher, S., Armstrong, K., and Hutchison, G., Fabric Softness, Handle, and Compression, *Journal of Textile Institute*, 75, pp. 37-46 (1984).
- 3) Elder, H. M., Fabric Stiffness, *Journal of Textile Institute*, 75, pp. 307-310 (1984).
- 4) 矢井田修：不織布の構成要素による影響，京都女子大学生活造形学科紀要，第40号，pp. 41-50, 1995
- 5) 矢井田修，大目木幸子：熊田亜矢子，複合不織布の性能に及ぼす構成要素の影響，京都女子大学生活造形学科紀要生活造形，第50号，pp. 66-71, 2005
- 6) 熊田亜矢子，矢井田修：спанレース不織布のバギング性に関する研究，生活造形京都女子大学生活造形学科紀要，第56号，pp. 57-63, 2010
- 7) 熊田亜矢子，矢井田修：複合化による不織布のバギング性の改善，生活造形京都女子大学生活造形学科紀要，第56号，pp. 65-68, 2010
- 8) 矢井田修，河瀬静香：ニット布のバギング性の評価について，大阪市立大学生活科学部紀要，第35号，pp. 65-69, 1987
- 9) Zhang, X., Li, Y., and Yeung, K. W., Viscoelastic Behavior of Fabres During Woven Fabric Bagging, *Textile Research Journal*, Vol. 70(9), pp. 751-757 (2000).