

~~~~~  
報 文  
~~~~~

## 複合不織布の細孔構造や物理的性質に及ぼす Water Jet 二次圧の影響

矢井田 修\*・大目木 幸子\*\*・中村 亜衣\*\*\*・吉田 恵子\*\*\*

Effects of the secondary water jet pressure on the pore structure and physical properties of composite nonwovens

Osamu Yaida · Sachiko Omeki · Ai Nakamura · Keiko Yoshida

Nonwovens are used widely in technical textile applications, but it is necessary to advance apparel industry to get a further growth of Japanese nonwovens industry. In apparel applications, however, various types of characteristics such as clothing comfort, good absorbency, durability, drapeability, shape stability. Strength and elongation etc. are required.

In this study, we try to apply nonwovens to apparel uses by using compounding technique for different nonwovens such as spunlace and spunbonded nonwovens. The purpose of this study is to develop the multilayer composite nonwovens which is useful for apparel clothing and medical care sheet by using compounding techniques with high pressure water jet. Especially, we measured effects of secondary water jet pressure on the pore structure and physical properties of composite nonwovens.

### 1. まえがき

不織布は様々な用途で用いられているが、主な用途は医療・衛生用、土木・建築用、工業・農業用、生活資材用、自動車用などの産業用途であり、衣料用途における不織布の使用量は少ない。不織布の用途として衣料分野は将来的に重要な分野であると考えられるが、不織布を衣料分野に適用するためには改善すべき点が多く残されている。本研究では衣料用途への不織布の更なる展開を目指し、アパレル用、特に外衣用として用いることができ、しかも他の用途、たとえば介護用ケアシートなどにも展開できる複合不織布の開発を目的とし、複合不織布の製造条件が複合不織布の性能に及ぼす影響について調べた。

これまでの研究において、風合い特性に優れたスパンレース不織布と形態安定性や力学的性質に

優れたスパンボンド不織布とを複合することにより不織布の風合いや形態安定性を改善できるかどうかを検討し、良好な結果が得られた。

そこで、今回の研究ではスパンボンド/スパンレース複合不織布を対象として実験を行った。Water Jet (以下 WJ) 法による複合時の WJ の二次圧、及び積層構造を変化させて複合不織布を試作し WJ 二次圧が複合不織布の細孔構造や力学的性質に及ぼす影響について調べた。

### 2. 実験試料の作成

#### 2-1 不織布原料及び試料作成条件

実験試料の作成には高知県立紙産業技術センターに設置されている多目的不織布製造装置を用いた。実験試料は 3 層の複合不織布で、PET シート (スパンレース不織布) (2.0d × 51mm)、PET ウエ

\*本学教授・\*\*本学助手・\*\*\*本学卒業生

ブ (2.0d×51mm)。PP シート (スパンボンド不織布) から構成されている。PET スパンレース不織布作成時の WJ 壓力は、1 次圧が 30kgf/cm<sup>2</sup>、2 次圧が 30kgf/cm<sup>2</sup> であり、複合不織布作成時の WJ 壓力は、一次圧を 50kgf/cm<sup>2</sup> と固定し、二次圧を 110 kgf/cm<sup>2</sup>、130kgf/cm<sup>2</sup>、150kgf/cm<sup>2</sup> と変化させた。

## 2-2 不織布製造装置

複合不織布の製造には、川之江造機株式会社の多目的不織布製造装置用いた。

スパンボンド法は、紡糸直結型の不織布製造法で、溶解紡糸において吐出した連続纖維を空気により高速で延伸し、静電気あるいは高速空気流などの物理的な方法で纖維をランダムに分散させ、金網状などのベルトコンベア上に均一に分布させ、纖維相互を融着させて布状にしたものである。今回の実験では原料としてポリプロピレン (以下 PP) を使用した。

スパンレース法は、高圧の水をノズルよりウェブに噴射して、ウェブ中の纖維同士を水流で絡み合わせて強さを生じさせ不織不化する方法である。これは英国デュポン社が開発した方法で、熱や接着剤を使用せず、水流の物理的な力だけで絡めているため纖維の損傷が少なく、衛生的な観点からも優れている。また、一般に柔らかでドレープ性に優れ、織物や編物に似た風合いをもち、風合いに優れた軽い不織布となる。したがって風合いが重視され、人間の肌に直接的に接する部分や、審美性が要求される用途で用いられる場合が多い。

また、ニードルパンチ機では作成できないような薄い不織布も効率よく製造でき、WJ 壓、ノズル数やノズルのピッチを変化させることにより、幅広い用途に使用できる不織布を製造することができる。今回の実験では原料として、ポリエチレン (以下 PET) を用いた。

## 2-3 スパンボンド/スパンレース複合不織布の製造方法

それぞれ別個に作成した PET スパンレース不織布、PP スパンボンド不織布、PET ウェブを積層し、積層構造や WJ 二次圧を変化させて複合不織布を作成した。WJ 処理は 2 回行い、一回目の WJ 壓力は 50kgf/cm<sup>2</sup>、2 回目 (二次圧) を 110、130、150kgf/cm<sup>2</sup> として、6 種類の試料を作った。なお、

WJ の噴射は試料の片面のみの場合と、両面の場合とがある。

Ⓐスパンレース不織布、PET ウェブ、スパンボンド不織布の複合

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、スパンレース不織布の複合

同じ WJ 条件で裏からも打つ。

表 1 に複合不織布作成条件を示す。

表 1 実験試料の作成条件

原料	繊維名	d	mm	配合(%)		重量(g)	摘要		
PET シート		2	51	100			30g/m <sup>2</sup>		
PET ウェブ		2	51	100			30g/m <sup>2</sup>		
PP シート							スパンボンド不織布 22g/m <sup>2</sup>		
	目付 (g/m <sup>2</sup> )		約 80	製作速度 (m/min)		約 7	ヒーター温度 (°C)	120	
	ウェブ目付 (g/m <sup>2</sup> )	A	15	B	15		WJ 搬送ベルトメッシュ	50	
	WJ 壓力 (kgf/cm <sup>2</sup> )			WJ ノズル(φ-ピッチ)(mm-mm)					
シート	① 30 ② 30 ③			①	0.10	1.0	② 0.10	1.0	③ - - -
複合	① 50 ② ③ 130 150	①	0.10	1.0	②		③ 0.16	1.0	
積層構造	Ⓐ PET シートの作成 (WJ 2 連打ち)								
	Ⓐ PET スパンレース不織布、PET ウェブ、PP スパンボンド不織布の複合 (WJ 2 連打ち) 同じ WJ 条件で裏からも打つ								
	Ⓑ PET ウェブ、PP スパンボンド不織布、PET スパンレース不織布の複合 (WJ 2 連打ち) 同じ WJ 条件で裏からも打つ								
	Ⓐ PET スパンレース不織布 PET ウェブ PP スパンボンド不織布				↓↓↓↓↓↓↓		30g/m <sup>2</sup>		
					-----		30g/m <sup>2</sup>		
	Ⓑ PET ウェブ PP スパンボンド不織布 PET スパンレース不織布				↑↑↑↑↑↑↑		22g/m <sup>2</sup>		
					↑↑↑↑↑↑↑				

## 3. 実験方法

### 3-1 細孔径分布の測定

スパンボンド/スパンレース複合不織布の細孔径分布の測定は多孔質材料自動細孔測定システムを用いて行った。

細孔径分布の測定は、湿潤した試料に圧力 (空気圧) をかけ、その試料を通過する空気流量を測定することによって試料の細孔径分布を測定するものである。データとして、圧力 (PSI)、細孔径 (micron) Wet Flow (ℓ/min)、Dry Flow (ℓ/min)、フィルターの流量パーセント、細孔径分布、平均

細孔径 (micron) の値が得られる。また、最小、中間、最大の細孔径とその圧力も得られる。

### 3-2 KES-FB システムによる測定

風合い測定の基礎となる基本力学特性 (引張、曲げ、剪断、圧縮、表面特性) を KES-FB システムで測定した。このシステムは、それぞれの機種 (KES-FB1~4) が一台のメインアンプブロックとコンピューターティングブロックに連結されており、20cm×20cmの大きさの試料一枚で全ての測定を行うことができる。

### 3-3 引張試験の測定方法

試験は恒温室 (20±2°C、60±2%RH) で行い、東洋精機株式会社製引張試験機 (ストログラフV1-C) を使用した。

各試料布から幅2.0cm×長さ12cmの布をCD (たて) 方向、MD (よこ) 方向にそれぞれ3枚ずつランダムに採取し、引張試験機により定速伸長試験を行った。クロスヘッドスピード (引張速度) は50 mm/minとした。試験機内蔵のコンピューターで荷重一伸長曲線を自動記録させ、伸度、強度、初期ヤング率を求めた。結果は各3回ずつの測定値の平均値で示した。

### 3-4 ドレープ性の測定

ドレープ性の測定にはドレープテスターを用いた。試験操作 (自動計測) に従って操作を行い、ドレープ形状を描画するとともに、ディスプレーに表示されたその投影面積 (cm<sup>2</sup>) を記録した。また試料を試験機からはずす前に、ドレープのノードの数、方向、形状などについても観察・記録した。

下記の式を用いてドレープ係数を求めた。

$$\text{ドレープ係数 } F\% = (A_d - S_1) / (S_2 - S_1) \times 100$$

$A_d$  : 試料片の垂直投影面積 (ドレープ形状面積)

$S_1$  : 試料台の面積 (直径 12.7cm)

$S_2$  : 試料の面積 (直径 25.4cm)

ここで、ドレープ係数  $F$  の値が小さいものほどドレープしやすいといえる。

### 3-5 通気性の測定

KES-F8-AP1 (通気性試験機) を用いて行った。プランジャー/シリンドラーのピストン運動によって低流量空気を試料に送り、大気中へ試料を通して放出、吸引する機構で、圧力損失を測定し、試

料の通気抵抗  $R$  を求めた。試料は全6種類を用い、3回ずつ試験を行った。

## 4. 実験結果および考察

### 4-1 細孔径分布について

不織布の孔径は均一でなく、深さ方向に沿って太細があり、しかも乾湿測定条件によっても変化するが、一般的に最大径と平均径で表現される。不織布は大径の孔が少数あるものとその逆のものがあり、通気性や表面特性などに影響すると考えられる。

表2に細孔径測定結果を示す。Bの試料において、WJ 二次圧が一番大きい 150kgf/cm<sup>2</sup> が平均細孔径も一番大きい。これは纖維の絡まりが強く、纖維が密になり、空隙が大きくなるためである。纖維の数 (量) は全て同じなので、密になればその分隙間が増え、細孔も大きく、その数も増えると考えられる。表を見ると B-2 (WJ 圧が 130kgf/cm<sup>2</sup>) の最大径が非常に大きい。これは不織布の積層構造上の問題で、場所により細孔の大きさにばらつきがあるからである。しかし、平均細孔径を見てみると他のものとほぼ同じ数値を示している。

次に、異なる試料同士でWJ二次圧が同じ作成条件の試料について考察する。A-1 (WJ圧110kgf/cm<sup>2</sup>) と B-1 (WJ圧 110kgf/cm<sup>2</sup>) を比較すると (図1)、Aの方が一番多數を占める孔の大きさが大きい。これは、Aの方が通気性は大きくなるということを意味している。しかし、A-2 (WJ 圧 130kgf/cm<sup>2</sup>) と B-2 (WJ 圧 130kgf/cm<sup>2</sup>)、A-3 (WJ 圧 150kgf/cm<sup>2</sup>) と B-3 (WJ 圧 150kgf/cm<sup>2</sup>) を比較すると (図2および図3)、両者にあまり差が見られないという結果が得られた。

表2 細孔径実験結果

試料番号	最小細孔径 Microns	平均細孔径 Microns	最大細孔径 Microns
A-1	24.4279	34.8048	93.5877
A-2	26.7657	32.2775	107.7928
A-3	27.0678	32.5963	140.3796
B-1	30.4071	32.6398	107.3209
B-2	26.3053	30.5502	1294.154
B-3	25.3571	34.3521	116.0851

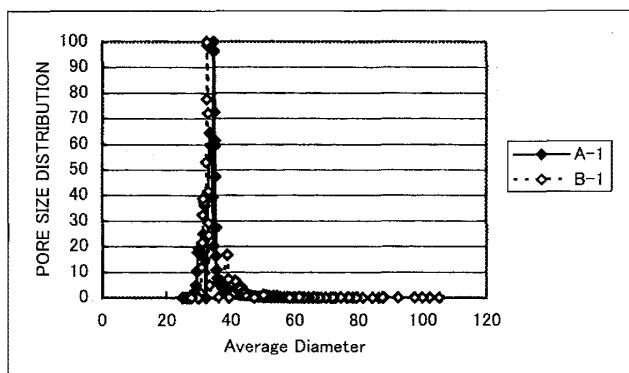


図1 積層構造の違いが細孔径に及ぼす影響 (110)

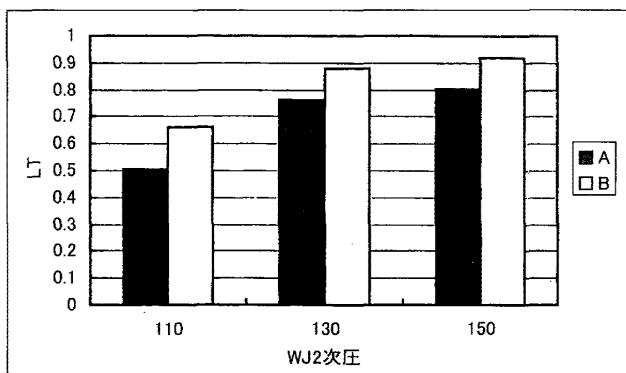


図4 引張線特性と WJ2 次圧との関係 (タテ)

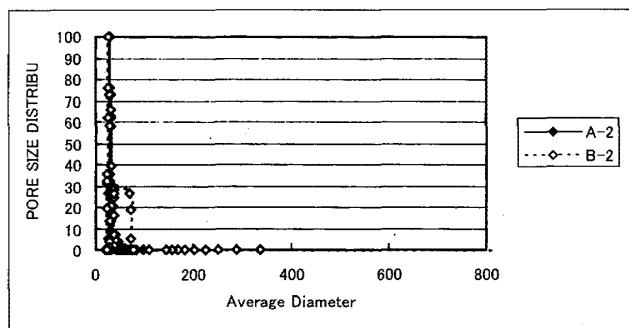


図2 積層構造の違いが細孔径に及ぼす影響 (130)

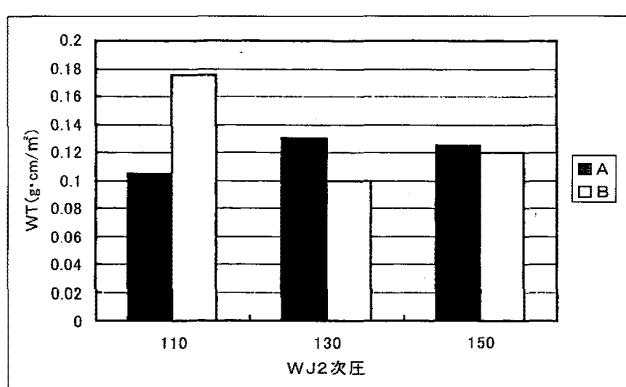


図5 引張仕事量と WJ2 次圧との関係 (タテ)

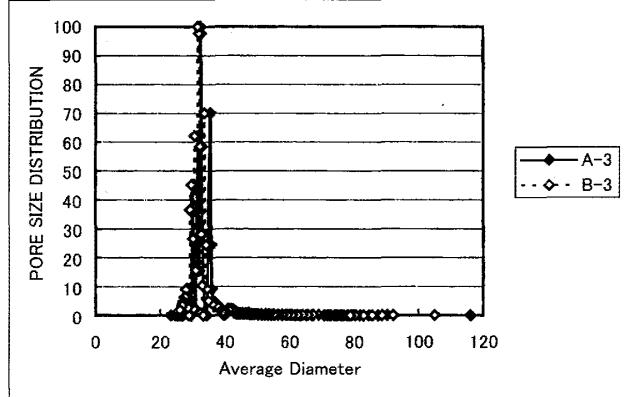


図3 積層構造の違いが細孔径に及ぼす影響 (150)

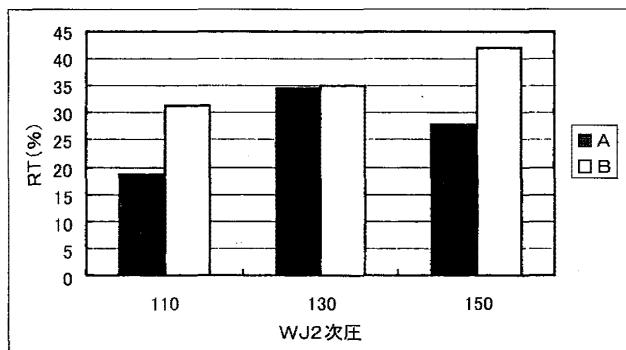


図6 引張レジリエンスと WJ2 次圧との関係 (タテ)

#### 4-2 KES の基本力学特性について

##### (A) 引張特性について

引張特性に関しては、直線性 (LT)、引張エネルギー (WT)、レジリエンス (RT) の 3 つの特性値が力学パロメータとして定義されている。

ここで、LT 値は力と歪みの関係が直線からどの程度ずれているかを表し、この値が小さい程布は初期に伸び柔らかい。WT 値は最大伸長力までの仕事量であり、一般にこの値が大きいほど布はよく伸びる場合が多い。RT 値は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であり、この値が大きい程布は回復性 (レジリエンス) が

高い。図 4、5、6 に LT 値、WT 値、RT 値の実験結果を示す。

KES 法の基本力学量の LT 値 (引張線特性) に関して、WJ 二次圧が大きくなるほど LT 値は大きくなり、引張り剛くなるという傾向となった。試料 A と試料 B を比較すると、試料 B の方が引張り剛いといえる。RT 値 (引張レジリエンス) では、試料 B について WJ 二次圧が大きくなるほど値は大きくなり、回復性が良いという傾向となった。また試料 A と試料 B を比較すると、試料 B の方が全体的に回復性は良いといえる。WT 値 (単位面積あたりの引張エネルギー) では一定

の傾向は得られなかった。

#### (B) 曲げ特性について

布の曲げ特性は曲げ変形時のモーメントと曲率との関係であり、B 値（曲げ剛性）が大きい程布は曲げにくく、2HB 値（曲げヒステリシス）の値が大きい程布は曲げ変形からの回復性が悪く、布の弾力感が無いことを意味する。

この曲げ特性は布の風合い、ドレープ性、しわ特性に影響を及ぼし、また、用いるウェブがパラレル、クロス、ランダムウェブかによって方向による曲げ剛さが異なり、いわゆる力学的異方性を有する。図 7、8 に B 値、2HB 値の実験結果を示す。

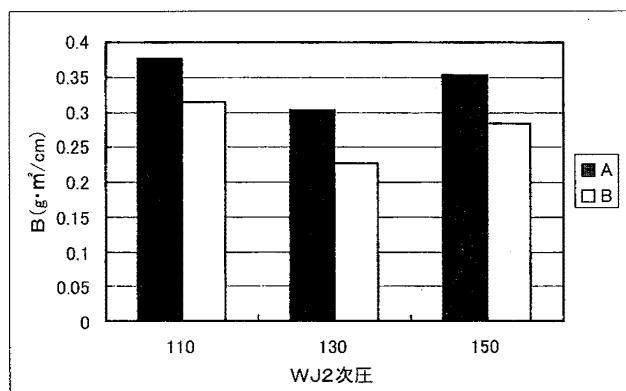


図 7 曲げ剛性と WJ2 次圧との関係 (タテ)

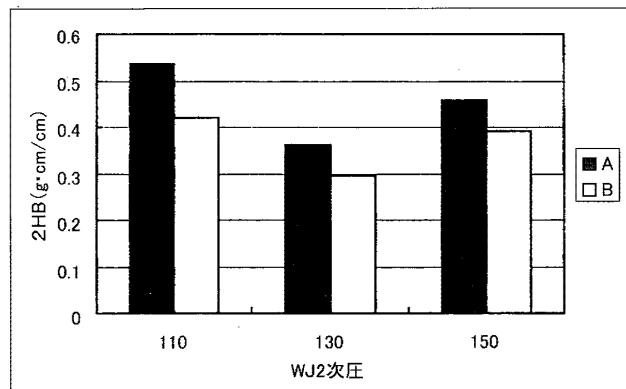


図 8 曲げヒステリシスと WJ2 次圧との関係 (タテ)

KES 法の基本力学量の B 値（曲げ剛性）について、試料 A と試料 B を比較すると、試料 A の方が値は高く、曲げ剛いといえる。

また、2HB 値（曲げヒステリシス）でも試料 A の方が値は高く、回復性が悪いといえる。

不織布の曲げ剛さは用いる纖維の初期ヤング率、纖維長、不織布の厚さ、見掛けの密度、不織布の構造によって決まる。引張試験による初期ヤング

率の結果からも試料 A の方がコシはあり、曲げ剛いといえる。不織布の厚さについては試料 A と試料 B 間に顕著な差は見られなかった。

#### (C) 剪断特性について

剪断特性は布を剪断変形させた時の剪断力と剪断角（剪断歪み）との関係であり、特性値として、曲線の勾配から剪断剛性 G、変形過程と回復過程の差からヒステリシス 2HG、2HG5 が求められる。G 値が大きい程布は剪断変形しにくく、2HG 値が大きい程布はわずかな剪断変形からの回復性が悪く、2HG5 値大きい程布は大きな剪断変形からの回復性が悪いことを意味している。

一般的に、布中で纖維同士の結合が堅固でない

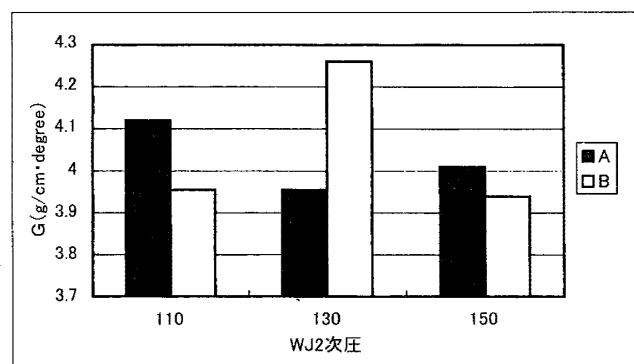


図 9 剪断剛さと WJ2 次圧との関係 (タテ)

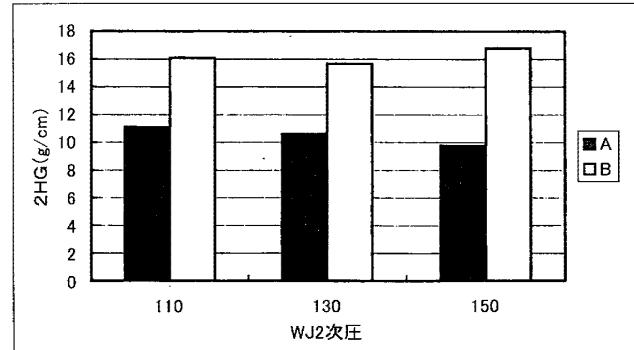


図 10 剪断角 0.5 度におけるヒステリシスと WJ2 次圧との関係 (タテ)

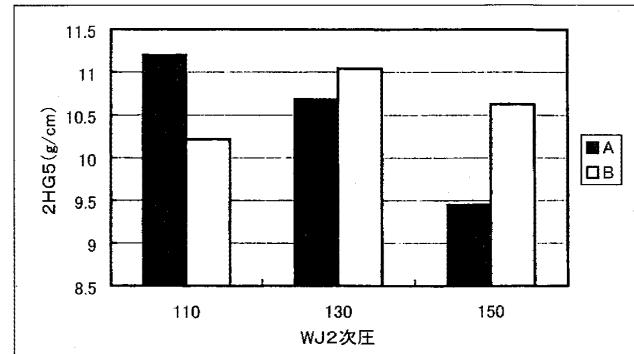


図 11 剪断角 5 度におけるヒステリシスと WJ2 次圧との関係 (タテ)

ものほど剪断変形しやすい。したがって、ケミカルボンドやサーマルボンド不織布などの剪断剛性はスパンレースやニードルパンチ不織布と比べて大きくなる傾向にある。図9、10、11にG値、2HG値、2HG5値の実験結果を示す。

KES法の基本力学量G値(剪断剛さ)に関して、試料BではWJ二次圧130kgf/cm<sup>2</sup>の時に最も剪断に対して強いといえる。試料Aに関しては、WJ二次圧110kgf/cm<sup>2</sup>の時に最も剪断に対して強い。これはWJ二次圧が130、150kgf/cm<sup>2</sup>になると纖維同士の絡まりが強すぎて纖維中に密度の高い個所と低い個所が出来てしまうためと思われる。2HG値(剪断角0.5度におけるヒステリシス)と2HG5値(剪断角5度におけるヒステリシス)においては、試料Bは剪断角0.5度の場合よりも剪断角5度の場合の方が値は小さくなり、回復性が良くなるという結果が得られた。試料Aでは顕著な差は見られなかった。

#### (D) 圧縮特性について

布の圧縮特性は布面に垂直方向に圧縮した時の布の厚みと圧力との関係から定義される。圧縮特性に関する特性値として3つの力学パラメーターが定義されており、風合いの客観評価に用いられている。LCは圧力と厚みとの関係で、この値が小さい程初期に圧縮柔らかい。WCは最大圧力までの仕事量であり、一般にこの値が大きいほど布はつぶれやすい場合が多い。RCは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であり、この値が大きいほど布は圧縮変形からの回復性(レジリエンス)が高い。図12、13、14にLC値、WC値、RC値の実験結果を示す。

LC値に関しては、試料AはWJ二次圧の大きさに係らず値はほぼ一定である。試料Bは110kgf/cm<sup>2</sup>の場合だけ、値が試料Aと同じくらい大きい。130、150kgf/cm<sup>2</sup>の場合、他のものに比べ値が非常に小さいということから、試料AとBの110kgf/cm<sup>2</sup>の場合に初期に圧縮剛く、試料Bでは130、150kgf/cm<sup>2</sup>の場合に圧縮柔らかいといえる。

WC値については、試料Bの方が値は大きい。したがって、試料Aより圧縮されやすい(つぶれやすい)といえる。試料AはWJ二次圧が大きくなればなるほど圧縮されにくく、試料BはWJ

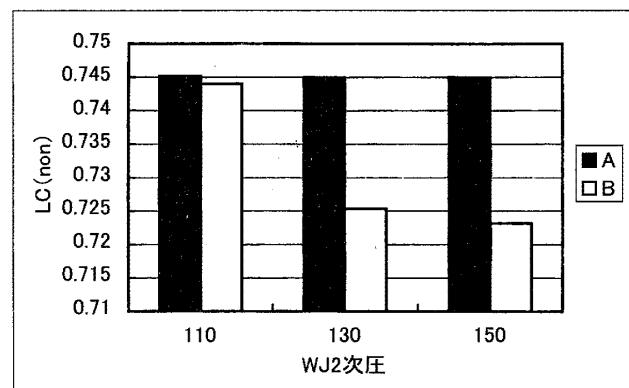


図12 圧縮剛さとWJ2次圧との関係

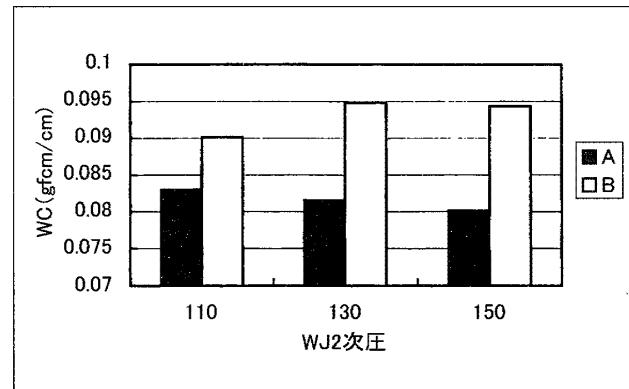


図13 圧縮仕事量とWJ2次圧との関係

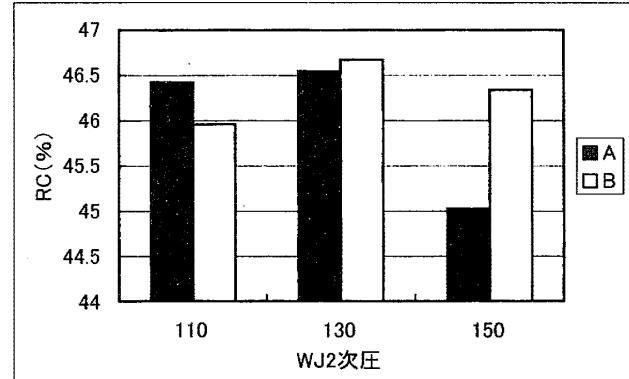


図14 圧縮レジリエンスとWJ2次圧との関係

二次圧が大きくなる程圧縮されやすいことがわかる。

RC値はどの場合もほとんど変わらず、試料Aの150kgf/cm<sup>2</sup>の場合だけ非常に値が小さい。他の場合と比べ、試料Aの150kgf/cm<sup>2</sup>の場合は回復性が悪いといえる。

#### (E) 表面特性について

KES法では一般にMIU(摩擦係数)の値が大きいほど、布の表面はざらざらしており、小さい程スムーズである。MMD値(摩擦係数の平均偏差)は小さいほど、MIU値が変動せず一定であ

ることを意味しており、布はより滑らかである。布表面の凹凸感も表面特性の重要な因子であり、特性値 SMD (表面の凹凸のばらつき) が布の平均的な厚みの変動として定義され、この値が小さいほど布の厚みが一定であり、場所によるバラツキが小さいことを意味している。図 15、16、17 に MIU 値、MMD 値、SMD 値の実験結果を示す。

MIU 値に関しては、試料 A より試料 B の方が値が全体的に大きく、布表面がざらざらしている。WJ 二次圧 110kgf/cm<sup>2</sup> の場合、試料 A と試料 B の差が著しく、試料 B の方がざらざらしてい

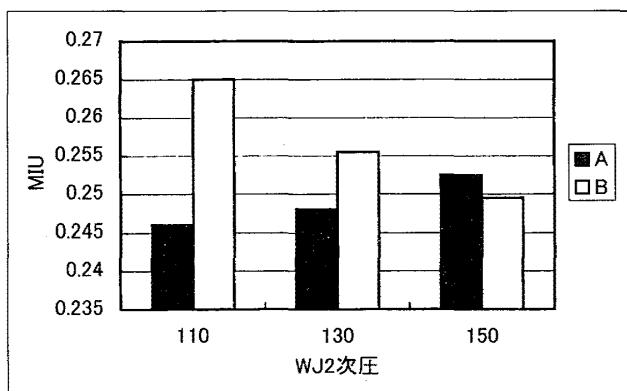


図 15 摩擦係数と WJ2 二次圧との関係 (タテ)

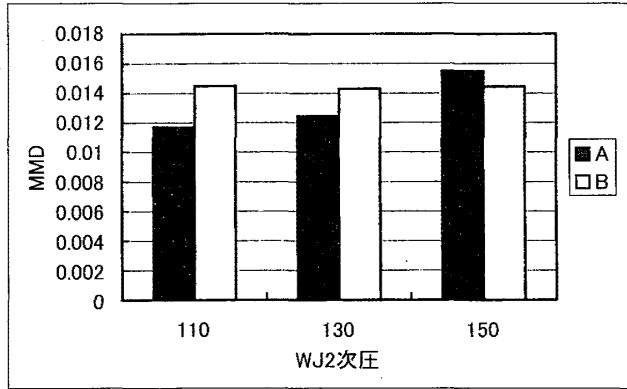


図 16 摩擦係数の平均偏差と WJ2 二次圧との関係 (タテ)

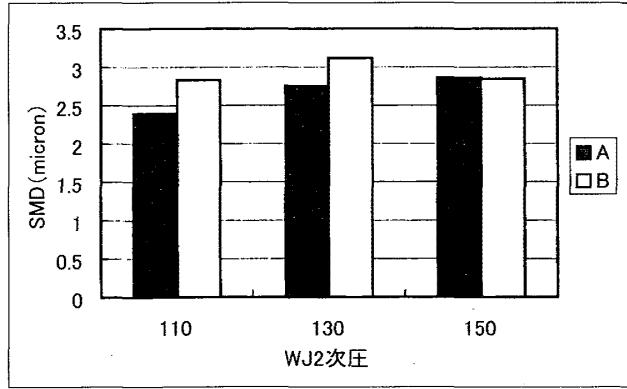


図 17 表面の凹凸のばらつきと WJ2 二次圧との関係 (タテ)

ることが分かる。WJ 二次圧の影響については、試料 A は WJ 二次圧が大きくなるほどざらざらするのに対し、試料 B は WJ 二次圧が大きくなるほどざらざら感は減る傾向を示す。

MMD 値に関しては、試料 A、B ではあまり差はない。試料 A は WJ 二次圧が小さい方が滑らかとなる。積層構造の影響に関しては、試料 A の方が値がわずかに小さいので滑らかであるといえる。これは MIU 値の結果とあわせて見ても妥当な結果である。

SMD 値については、試料 A と試料 B の差、WJ 二次圧による差は見られなかった。しかし、僅かに B の方が表面の凹凸が大きいといえる。

#### 4-3 引張強度および伸び率について

表 3、4 に強伸度、ヤング率の測定結果を示す。試料 B-1、B-2、B-3 において、破断時の荷重はタテ方向では WJ 二次圧が大きくなるほど大きくなり、ヨコ方向では逆に小さくなるという結果が得られた。試料 A-1、A-2、A-3 においてあまり顕著な差は見られなかった。強度に関するのは構造部材としての PP スパンボンド不織布であると考えられるので、この場合、試料 B は積層構造上 WJ の影響を強く受け、タテ方向の絡み合いが強くなるためと考えられ、ヨコ方向では WJ 二次圧が大きくなるほど、破断時の荷重が小さくなる。

また、全体のタテ方向とヨコ方向を比較すると、WJ 法による製造方法の特性により、タテ方向の絡み合いが強くなるため、タテ方向とヨコ方向の破断時の荷重の差は非常に大きくなると考えられ

表 3 引張荷重と伸びの測定結果

試験番号	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
荷重 (N)	タテ	105.0	104.7	111.0	105.7	108.0
	ヨコ	28.8	31.6	33.3	35.2	31.2
伸び (mm)	タテ	54.6	54.4	58.4	60.7	60.7
	ヨコ	153.7	135.0	131.6	129.9	117.3

表 4 初期ヤング率測定結果

タテ	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
$\theta$ (度)	64.00	64.00	64.33	61.83	60.50	61.83
$\tan \theta$	2.0503	2.0503	2.0809	1.8663	1.7675	1.8663

る。破断時の伸びについては、試料A、試料B共にあまり顕著な差は見られないという結果が得られた。初期ヤング率は、試料Aの方が大きく、コシがある不織布となることが分かる。

このように、複合不織布の力学的性質は構造部材の力学的性質によって決まる。したがって、一番強くて硬いと思われるPPスパンボンド不織布の強伸度特性を測定してみた結果、複合不織布の方がはるかに大きく、単体の場合よりも強伸度が増加していることが分かった。

#### 4-4 ドレープ性について

表5にドレープ試験結果を示す。試料Aと試料Bを比較すると、試料Aの方がドレープ係数は小さく、試料Bよりもドレープ性に優れていると言える。両試料の構成部材であるPETスパンレース不織布とPETウェブはWJ水流によって纖維同志が絡み合いやすく硬くなるであろうと予測したが、この結果から、積層構造上PETスパンレースとPETウェブが直接接触していない試料Bの方がWJ水流の影響を強く受け、纖維同志の絡み合いが強まった結果であると考えられる。試料Aに関して、上部層であるPETスパンレース不織布とPETウェブは上方から高い水流により纖維同志は絡み合いやすいが、下部のPPスパンボンド不織布は水流を通しにくいと予測され、下方向からWJ水流を当てても纖維同志が絡み難いのでこのような結果になったのではないかと考えられる。

表5 ドレープ性測定結果

	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
ドレープ形状面積(cm <sup>2</sup> )	399.20	400.15	420.05	442.95	437.80	459.85
ドレープ係数F(%)	72	72	77	83	82	88

#### 4-5 通気性について

通気性の程度を表すものとして通気度があり、これは布の両側の一定の圧力差のもとで単位時間当たりの単位面積を通過する空気量で表される。表6に通気性測定結果を示す。

試料Aの通気度はWJ二次圧が大きくなるにつれて小さくなる。これは試料AではWJ二次圧が大きい程孔が小さくなるか、あるいは孔数が少な

表6 通気性測定結果

試料番号	1回目	2回目	3回目	通気抵抗R	通気度C
A-1	0.18	0.17	0.16	0.17	5.88
A-2	0.23	0.19	0.16	0.19	5.26
A-3	0.23	0.23	0.16	0.21	4.76
B-1	0.21	0.23	0.22	0.22	4.55
B-2	0.18	0.22	0.19	0.20	5.00
B-3	0.18	0.16	0.18	0.17	5.88

くなっているためと考えられる。試料BではPPスパンボンド不織布が中央にあり、表から裏からの2回WJの影響を受けているのに対し、試料Aでは、PPスパンボンド不織布が端にあり、WJの影響を表から打った場合の一度しか受けていなかっためと思われる。

試料Bでは、WJ二次圧が大きくなるほど通気性が大きくなっている。通気性が大きいということは不織布の孔の大きさが大きい、または孔の数が多いということである。WJ二次圧が大きくなると、纖維はより強く絡まることが予想され、纖維が局所的に密になるということである。したがって、纖維の数は同じなので、穴も大きくなり数も増える。すなわちWJ二次圧が大きい程通気度は大きくなると考えられる。

#### 4-6 表面形態について

##### 4-6-1 電子顕微鏡写真

試料AおよびBの断面を電子顕微鏡で観察した。図18に走査型電子顕微鏡による写真を示す。試料AもBもWJ二次圧が大きくなる程纖維が圧縮され、布の厚さが薄くなっているのがわかる。

##### 4-6-2 実体顕微鏡写真

実体顕微鏡による試料AとBの表面観察において、白っぽい部分がPPスパンボンド不織布、黒っぽい部分がPETスパンレース不織布およびPETウェブである。図19、20に試料A、試料Bの写真を示す。試料AではPPスパンボンドシート側から観察したが、WJ二次圧が大きくなる程、裏からPETスパンレース不織布やPETウェブ中の纖維が出てきて孔を塞いでいるのが分かる。試料BではWJ二次圧が大きくなる程、孔の数が増えているのが観察される。

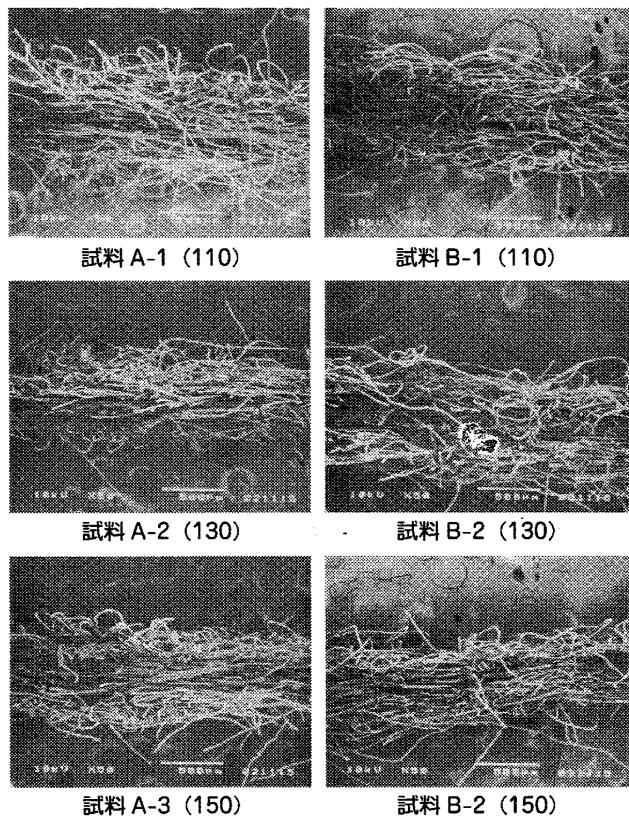


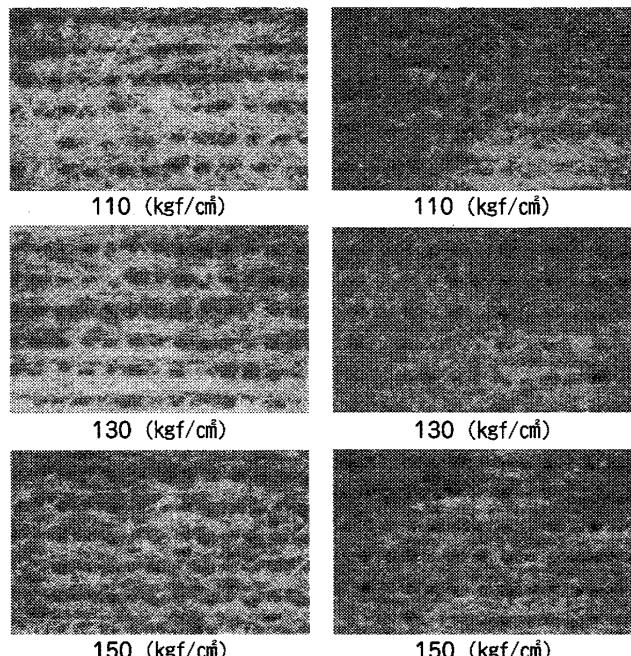
図 18 試料 A、B の断面観察写真

## 5. 結論

今回の研究では、不織布を衣料用、特に外衣に用いることの出来る複合不織布の開発を目指し、Water Jet法による複合時の水流ジェットの二次圧や積層構造を変化させて複合不織布を試作した。

そしてそれぞれの不織布において、ジェットの圧力や複合不織布の構造が細孔構造、力学的性質、通気性、ドレープ性に及ぼす影響について調べた。

その結果、WJ 二次圧を変えると複合不織布の細孔構造や物理的性質に影響を及ぼすことが分かった。また、複合不織布において、積層構造を変えることにより細孔構造や物理的性質が変化することも明らかとなった。

図 19 実体顕微鏡写真  
(試料 A)図 20 実体顕微鏡写真  
(試料 B)

今後、更に積層構造を変化させて研究を行う必要があることが示唆される。最後に、実験に協力して頂いた高知県立髪産業技術センターの皆様に深く謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 基礎からの被服材料学、城島栄一郎、矢井田修、中島照夫（共著）文教出版
- 2) 不織布の基礎と応用、日本纖維機械学会不織布研究会編、日本纖維機械学会
- 3) 不織布の製造と応用、中村義男編、シーエムシー出版