不 織 布 (その1)

三 浦 義 人

内 容 目 次

第1章 緒論

- 1.1 定義と歴史
- 1.2 特徴
- 1.3 製品上の分類
- 1.4 不織布事情

第2章 原料繊維

- 2.1 一般的性質
- 2.2 乾式用繊維
- 2.3 湿式用繊維

第3章 接着剤

- 3.1 熱接着繊維
- 3.2 乾式用接着剤
- 3.3 湿式用接着剤

第4章 ウエブの形式

- 4.1 混開織
- 4.2 カーディング
- 4.3 ランダムウェビング

4.4 スパンボンド方式

4.5 たて、よこ積層法

4.6 抄紙法

4.7 ウエブの厚さと均斉度の測定法

第5章 ウエブの接着

5.1 ケミカルボンドとサーマルボンド

5.2 ニードルパンチ

5.3 ウォータージェットパンチ

5.4 ステッチボンド

第6章 仕上加工

6.1 乾燥、熱処理

6.2 コンボジット

第7章 試験法と規格

7.1 乾式不織布芯地

7.2 接着芯地

7.3 靴甲用人工皮革

(太字は本号掲載分)

序論

1900年代にドイツのフェルト業者が羊毛屑を接着剤で固め、代用フェルトにしたのが不織布に関する初めての特許で、1938年頃からイギリス、アメリカ等で特許が現われた。1952年にアメリカの Pellon 社がナイロン75%、綿又はレーヨン25% からなるウエブをニトリルゴムで接着させたのが、産業規模の不織布の始まりである。この布をイギリスでは Bonded Fibre Fabrics といっていたが、後にアメリカと同じく Nonwoven Fabrics、ドイツで Vliesstoffen、フランスで Nontissés、日本を始めとする極東では不織布と呼んでいる。わが国が商業ベースでの生産を開始したのは1956年頃で、それから34年経った現在、その原料、製造法、加工法は急速な発展を遂げ、基本的技術は一応出尽くした感が強い。今後の課題は用途面の開発であるが、市場は衣料分野を始め産業資材、生活関連用品、医療用品と極めて広範囲にまたがっている。あるメーカーによればあまりにも用途が多岐にわたっているので、末端ではどのように使われているのか分からないというのが実情である。本講義は「不織布要論」¹⁾、「不織布産業の新展開」²⁾、「最新不織布製造技術と応用展開」³⁾ という筆者が関係した著書を基に、新しい情報を加えてまとめたものであり、引用させていただいた各執筆者と並びに当学会不織布研究メンバー各位のご教示に感謝する。特にバインダー、湿式不織布の部門において全面的に引用させていただいた。なお、上述の著書に記された文献は紙面の都合で省略した。

Y. Miura, 京都工芸繊維大学名誉教授, 不織布研究会顧問

第1章 緒 論

1.1 定義と歴史

多くの人は不織布を漠然と理解しているに過ぎないと思う。1988年5月に発表されたISOの定義によると摩擦、粘着、結合によって接着されたウェブ、シート類が不織布であり、編織物、タフテッド布、糸で接結されたステッチボンダ布、フェルトは除いている。又、紙と区別して次のものは湿式不織布であるとする。製品の繊維質量が50%以上含まれているか、あるいは30%以上含んで密度が0.4 g/cm³以上のもの。F. H. Lieb¹⁾は不織布とは繊維又は糸の周りに糸を機械的に絡ませることなく、繊維又は糸を接着させたウェブ又はシート状のものとしている。そうすると紙や皮革も含まれることになる。わが国ではマリモやアラクネのようなステッチボンダ布は不織布であり、紙や天然皮革は含まれないようである。

即ち、わが国では製織や編組成することなしに、繊維や糸の集合体又はフィルムを物理的あるいは化学的な作用で結合させて布にしたものとされていて、フェルトとタフテッド製品は除外されている。

Pellon社の最初の不織布製造以後、綿やビスコース短繊維からウェブを作るのに紡毛の開織機とローラーカード及びクロスラッパーを用い、合成樹脂の溶剤で接着する乾式不織布が生産された。一方、200年前に牛毛フェルト作るのにニードリングが行われたが、フェルト針は直線状をなしニードルボードに固定するのに板側面からねじ止めた。従って、ボードの両側のみにしか針を植えることができず、極めて針数の少ないパンチ機であった。その後針頭部を直角に曲げたクランクを付け、ボード孔に針を植え板上に押さえ板を置いたので針数が飛躍的に増加した。1900年代にJames Hunter社は100ストロー

表 1・1 各種製布機の生産速度比		
製布方式	製布機械	生産速比
製 織	自動織機	1
	無杼織機	2
編 成	丸 編 機	4
	トリコット機	16
乾式不織布法	ステッチボンダ機	38
	ニードルパンチ機	500
	ランドウェバー	600
	スパンボンダ機	1,000~2,000
湿式不織布法	ロートフォーマー	2,400
	フォードリニア	10,000

ク/分の機械を作り、250、900ストロークと性能を向上させている。紡糸したフィラメントから直ちにシート状にするスパンボンダ法はDu Pont社のスパンボンダ法とCarl Freudenberg社のスピンフリース法が始まりで1960年代の特許に見られる。1965年にアメリカのExxon社や3M社は、紡糸直後に加圧熱風で溶融ポリマーを引きちぎり、短繊維にしてウェブを作るメルトブロー法の特許を出している。ステッチボンダ法は共産圏で開発された技術で1949年に東ドイツのマリモ機、チェコのアラクネ機が発表されて以来、各機種が現われている。イギリスのLeeds, Coartauls, Oldham等、アメリカのKimberly Clark, Scott, Dexter等、又、わが国の大手の製紙会社は湿式不織布を1953年頃から開発し始めた。

1.2 特 徴

不織布の生産速度が製編織より大であることは表1.1に見られる通りであるが、数値は一応の目安である。乾式不織布製造装置の一例を図1.1に示す。熱接着繊維と一般繊維は十分に混開織されてホッパービンに貯められ、輸送パイプによりホッパーフィー

図1.1 サーモボンディング不織布製造装置の例

ダー(1)に送られ計量されてフィードラチスから単一シリンダーカード(2)によりウェブとなる。図では2枚のウェブが積層されてプレスされスリッター(3)でウェブ耳を切断し、サクションドラム式のサーモボンダー(4)で接着され、熱エンボシング機(5)でエンボスされて巻取機(6)で巻かれる。

不織布業界では、もっぱら商品開発に力が注がれている。例えばスエードのような感触の人工皮革、完全殺菌したノーバインダーの極度に吸水性の大きい衛生用品や医療用品、土木建築用、農業用、電気絶縁用品等である。これらの製品を作るには原料、製造法はどうすべきかという商品開発が行われている。新規需要の開発や高級品の生産には二次加工、三次加工が重要である。又、流通体制に段階が多過ぎたりかさ高の製品があるので、供給体制や在庫方法の合理化を図らねばならない。さらに不織布産業の公害も考慮すべきである。即ちバインダーを調整する際や接着装置を洗滌する際の廃液は乳白色を呈して被害者意識を駆りたてる。又、バインダーを含んだウェブを乾燥、熱処理するときの臭気や煙、ニードルパンチ機やマリモ機の震動⁹⁾は近隣の苦情の源になる。製造された布の耳は不均斉であるため切断されるが、これを含めた製品屑の一部は解繊されてパッドや壁材等に使用されているものの廃棄設備が必要になってくる。不織布の特徴は製品によって異なるが大体次のようである。

- 多様な外観を呈し紙、布、フェルトの形状のものが作られる
- 厚さは自由に変えられる
- かさ高で多孔性であるから通気性が良く保温性に富む
- 繊維とバインダーは合成高分子が主であるから防しわ、寸法安定、弾性が良好で速乾性がありアイロンがけ不要である
- 縫製はもちろん熱接着が可能なものがある
- 切断端はほつれない
- 織物や編物のようなドレープ性がない
- 布内のバインダーは経時変化したり変色したりすることがある

不織布の最も簡単な形式は、繊維や糸をウェブのような平面構造にしたものであったが、後にこれら同士あるいは織布、フィルム、フォームと組み合わせたものになった。製造上から不織布を分類すると次のようである。

1.3 製造上の分類

(1) ウェブの製造環境

空中で行うもの(乾式)、水中で行うもの(湿式)

(2) ウェブのタイプ

短繊維のウェブ、フィラメントのウェブ、両タイプの積層ウェブ

(3) 接着法

接着剤によるもの、縮充、収縮、膨潤という繊維特性によるもの、繊維や糸で交絡させるもの(補助にニードルやウォータージェット使用)

接着剤の形態と使用法は次のようである。

- エマルジョン：浸漬する、捺染する、噴霧する、コーティングする
- 固形(粉末、繊維、ネット、フィルム)：融着する

1.4 不織布事情

ここ10年位は世界中の不織布産業が健全な成長と多様化、強化の年であり大いに発展した。しかし今後はどうなるであろうか。多数の文献並びに私見を交えてまとめてみる。

(1) 一般的傾向

不織布産業は異なる境界にまたがる大きな技術の流れに支配されて世界的に成長を続けよう。スパンボンド、メルトブロー、スパンレースの不織布の先駆者であるアメリカは、これらの基本技術を建てつつある日本やヨーロッパの挑戦を受けているが、日本の企業が合弁か単独でアメリカ市場に介入してこよう。異なる布質の組み合わせやフォーム、フィルム、箔のような他材質をラミネートした不織布が出現しよう。それにはラミネートや接着、熱融着の新技術が生まれて可能になる。

(2) 使用繊維

ポリプロピレン：アメリカの業界ではポリプロピレンは不織布の主要繊維でポリエステルを凌駕している。アメリカとヨーロッパの双方で価格を動かし続けている原料の備蓄不足のため、ポリプロピレンの25%が不足しているので充足が期待される。新しい触媒と技術に基づき幅広いポリマーとコポリマーの樹脂が用いられるようになり品質向上が続くだろう。

ポリエステル：世界的に不織布用繊維の約30%はポリエステルである。軽目から重目までのカードウェブをニードリングした布用の繊維としてポリエ

ステルが優れている。殺菌能力と強度の向上に努めていこう。改質ポリエステルは特にバインダーとしてより多くの改良がされよう。かさ高製品用の熱接着繊維として特異な形状の1dより細いものが現われている。

レーヨン：レギュラーレーヨンの不織布用消費は落ち込んでいるが、タンポン、柔軟なシート、湿潤ワイパーのような用途に使用量が増している。横断面のたてとよこの比が甚しく異なるものが地位を確保しつつある。この繊維を使用することにより普通のレーヨン製品よりかさ高く被覆性のある製品が現われている。革新的な技術に酸化アミンによる溶液紡糸法がある。

綿繊維：漂白綿繊維は一般のспанレースや改良спанレースのウェブ用に使われる。低融点のポリプロピレンやポリエステルと混織し、かさ高市場に進出している。他のアプローチとして綿、低融点繊維、太繊維の標準的な熱可塑性繊維を混織してかさ高く低密度で、強く弾性がありしかも吸湿性のある布として健康看護用品になろう。

高機能繊維：アラミド、炭素、高強度ガラスの繊維のような高度技術を製造に用いたものは使い捨てや耐久用の両分野とも大量消費に適していない。1987年にアラミドの不織布が現われ依然として成長し続けている。Text. Tech. Ind., のアラミド PBI を用いたカードウェブをニードリングした不織布は、高温に耐える防火材として軍用並びに民間用に使われている。炭素繊維のウェブは湿式法で作られ、電気伝導性、腐食性、耐熱性のような性能開発が行われている。Ashland Petrole 社は不織布向けのピッチ系カーボン繊維の価格引き下げに務めているが、10\$/lb 以下になることはないと言業界ではみている。これらの機能繊維を一般繊維と混織したウェブをウォータージェットで交絡させることに興味もたれている。

(3) 製造法

乾式による製造法は広範囲の適用性と利用度がある。乾式の世界生産は約12億 lbs/年であるが最近の成長率は 8%/年で1995年には20億 lbs に達しよう。物理的に等方向性のウェブが要求されているので、オーストリアの E. Fehrer K-21 カードはこの要求に答えた高速なものである。等方向性ウェブは初期にランダムウェブで作られていた。機械メーカーはカードウェブが幅方向の強度の弱いことを知っていたので、この気流方式の重要性を認識して改

良を試みている。次に新しい製造法を述べる。

спанボンド法：全世界の生産は約 7 億 lbs/年で、アメリカ市場では全不織布量の 30% を占めていたが、新製造ラインが導入されて生産量が 14% 増している。現在は販売側により訓練された操作員のついた完全なспанボンド生産ラインを購入することができ、Reifenhäuser のライセンスによる Reicofil 方式やドイツの Karl Fischer 社が提供している。市場は建築用ルーフィングから柔軟布まで、又、通信封筒から医療用品までである。主な素材はポリプロピレン、ポリエステル、高密度ポリエチレン等である。Dow 社のポリエチレンは柔軟性、低融点であり放射殺菌を必要とするものに用いられつつある。わが国では10数社が移動しているが、適度の生長を続けるだろう。そのほか極東では中国と台湾に Reicofil 法、さらに台湾には Freudenberg/Luttravil の技術が入っている。

メルトブローン法：アメリカのメルトブローン布の生産は500万 lbs 近いといわれ、わが国でも生産している。溶融温度が適切な範囲内にあり溶融粘度が低いならば、たいていのポリマーが用いられよう。ポリプロピレン、ポリエチレン、ナイロン6、コポリアミド、ポリエステル等がそうである。市場は空気や液体の濾過が主であるが、最近ウェブ自体を熱融着材に用いる試みがされている。アパレルカーパー、特殊なワイパー、吸油パッドや健康看護面ではメルトブローン布とспанボンド布のラミネート製品がマスク、フィルターに使用されている。これは極細繊維の優れた防塵能のためである。

спанレース法：ヨーロッパやアジアで高圧水でウェブを交絡させるспанレース布が本格的に企業化されよう。普通の繊維を用いているがガラス繊維や高機能繊維も用いられるようになる。世界的に生産は1億 lbs/年に達しよう。絡みの少なさを補うため少量のバインダーを加えることは既に行われているが、さらに新製品が現われよう。主な市場は医療用だが新規用途が開発されよう。

サーマルボンド法：спанボンド布の製造に開発されたこの方法は短繊維ウェブを接着するのに用いられるようになり、この成熟した技術に勢いをつけた。BASF, Du Pont, わが国の数社の熱接着用の複合繊維は、熱風貫通式サーマルボンド機を用いてかさ高い製品を作るのに期待されている。その他、注目すべきものとして吸水性製品母材の接着に用いたとき、吸水力と強度の発揮がどうしたら可能になる

かが問題になっている。合織を混入した木材パルプの布の柔軟性を保たせるのに、ハニカム式とスウェーデンの Hercules の赤外線接着式が適しているようである。これはサーモボンドともいう。

(4) 製品

かさ高製品：ガラス繊維断熱材，中入綿，寝台掛布，ニードル毛布，ジオテキスタイル布等のかさ高製品市場では5億 lbs/年以上の繊維を消費しているが，パルプを含めるならばさらにその量は増加しよう。ニードルパンチあるいはサーマルボンドによりウェブのかさ高さが維持される。わが国自動車用カーペットの43%はニードルパンチ布であるといわれ，アメリカではニードルパンチのカーペットの販売高は1985年の6千6百万\$から現在は1億\$に飛躍している。

緻密製品：この製品はウェブに十分に樹脂を含浸させて板状にしたものが多く，不織布自体及び他の素材と組み合わせたものが含まれる。電気用として絶縁材や配線積層板等，自動車の燃焼エンジン廻り部品（マフラー等），研磨材，特殊曲面形状の成形材（FRP製品，釣竿等）等の用途があり，今後使用分野が広がるだろう。不織布用としてはポリエステル，アラミド，炭素，ガラスを始めとするセラミックの繊維がある。

耐久品：わが国の統計がないのでアメリカを例にとる。1987年に原反で8億\$強で前年より幾分下がっているのは，封筒や殺菌包みがい使捨てに分類されるようになったためである。年6%の成長率と予想すれば91年には10億\$に達しよう。87年の用途別金額（単位は\$）は次の通りである。芯地（1.4億），コーテッドとラミネート物（1.35億），ジオテキスタイルとルーフィング（1.25億），寝装及び家具用（1億），自動車装備（0.65億），その他（2.65億）となっている。最も成長率の高いのは農業用の12%でジオテキスタイル等の11%がこれに次ぎ電気部品9%，耐久紙7%，その他の順になっている。

使い捨て品：アメリカの赤ん坊おむつの販売額は1987年に3億\$で Proctor & Gamble (P & G) と Kimberly-Clark (K-C) の2社が80%を占め残りは12社の製品である。わが国の同年の売上額は1000億円であった。最近わが国と台湾の優れた製品がアメリカに入ってきており，又，ウルトラタイプのおむつと糸入り製品を出荷しているわが国のデザインはヨーロッパでも興味を持たれている。熱融着おむつは近々ヨーロッパに現われるだろう。わが国では

安価で機能性の良いおむつに人気があり化粧品メーカーとして業界を支配している会社も進出してきた。衛生ナプキンは1987年に約3.7億\$，わが国では600億円の売り上げがあった。P & G社は20%，K-C社は23.5%，Johmson & Johnson (J & J)社は36.5%，Tambrand社は6%，その他14%の比率であったのが，同年度末にはP & G社は19.8%，K-C社は26.9%，J & J社は35.7%，Tambrand社5%，その他12.6%と変わっている。P & G社の型取りパンティプロテクター，K-C社のプロフィールパッド，J & J社の新しいパッドに期待がもてる。大人用失禁品はアメリカでは赤ちゃん用おむつの2倍の6億\$の販売額である。K-C社は社会事業にまとを絞ってGGIP（老人看護失禁用品）を開発し数年前のコンフォームパッドより安価にした。K-C社とP & G社は美容的な下着としておむつ様式のブリーフを販売しているが下帯タイプである。Whitestone社は同様な製品で型取りの挿入パッドを供給することになろう。Weyerhaeuser社はおむつ形の吸水性のある製品を発表しようとしている。生活用品として洗濯袋，モップヘッド，カイロ袋，湿潤トイレットペーパー等は目玉商品となろう。

超吸収ポリマー：全世界で1981年に210億 lbs，83年に577億 lbs，84年に926億 lbs というこのポリマーの爆発的な成長は，アメリカの消費が天井をついたので緩かになり，暫くは市場の調整になろう。しかし，わが国やヨーロッパでは紙おむつの増産が続いているので比較的成長してゆくだろう。大人用失禁品は業界の努力にもかかわらず成長が留まっているが，洗濯業者やエイズ関連機関では使い捨て製品を希望しているので，その前途は分からない。水に溶けずに大量の水を吸収するこのポリマーを作るには，親水基及び分子相互の結合が十分であることと大量の水を抱え込む物理的構造が必要である。このような考え方に基いて製造されているが，詳細な構造は判然としない。市販品には親水基をグラフト重合したものととして澱粉-アクリルグラフト系，水溶性高分子を架橋結合し不溶化したものとしてアクリル系，CMC系，PEO系，PVOH系等がある。

文 献

- 1) 三浦義人；不織布要論，高分子刊行会（1973）
- 2) 三浦義人，土林貞夫監修；不織布産業の新展開，CMC社（1980）
- 3) 三浦義人，土林貞夫監修；最新不織布製造技術と応用展開，工学研究センター社（1989）
- 4) F. H. Lieb；INDA-TEC，89，185（1989）
- 5) K. Butter；Textiltech，34，500（1984-10）