「不織布」特集

不織布のメディカル分野への応用

真 木 基 允

はじめに

近年、日本における医療用不織布製品市場は病院からの要望の高まりと共に着実に成長している。1970年代、B型肝炎の流行が社会問題になり、ディスポーザブルな不織布製品の必要性が認識され始めたが、当時の素材は硬い、破れ易い等と問題も多く、なかなか普及しなかった。

1970年代後半からは、新しい不織布製造技術の発展で、柔らかくてドレープ性にも優れ、高強力のナイロンスパンボンドやスパンレース不織布が生産されるようになった。これによって、不織布製品への不満も小さくなり、1980年より現在までの発展に至っている。

使用分野としては、従来から、感染症患者手術での術者等の安全確保のための主である。最近是不織布の優れた特長である“高い細菌遮蔽性や無塵性”を生かして、整形外科や脳外科手術の無菌手術等において、患者の安全確保のための使用も急速に増えている。

また最近、MRSA（メチシリン耐性黄色ぶどう状球菌）の感染が病棟等で広がり、その対策が求められた。この中で院内感染防止に、一回使用の不織布製品の有効性が認められ、広く使われようとしている。

近年の普及の中でも、不織布製品の有効性や要求性能は変化しているが、今後も変化していくであろう。製品の構成では、それらの用途・使用法により適合した製品開発が継続的に続けられるだろう。その中で、多種類の素材が一つの製品に使われたり、新しい複合素材や新しい形態の製品開発が予想され、普及の要因になろう。

一方、最近メーカー各社の競争が激しく、製品の価格低下が進んでいる。この動きは、病院にとって使い易くなる大きな要因であるが、今後も続くであろう。そし

て、今後の不織布市場拡大は間違いないと思われる。

それでもなお、米国に較べて、日本の普及は非常に遅れている。今後、米国並に普及させるには、メーカーと病院が一緒になって、さらに新しい製品の開発・改良や有効性の啓蒙が必要であると考えられる。

この不織布市場拡大にも“廃棄物処理”の難題がある。この解決は、将来の発展に欠かせないポイントである。

1. 不織布素材の改良と新しい製品登場の歴史

1960年代に登場した医療用不織布製品（手術衣、覆布等）は、当時、ガサガサしたり、破れ易い湿式や乾式の不織布であった。その後着実に改良され、新しい素材の登場と共に新しい製品が生み出されて発展してきた。その変遷を表1に示した。

今後さらに新しい要求に応じて改良され、変化・発展していくであろう。その製品毎の状況を次に述べる。

2. 主要製品の現状

2.1 手術衣

手術衣には、術者・患者の安全性のための“バクテリアバリアー性”と、術者が快適に手術できるための着心地の良さが要求される。着心地の良さは、ソフトで身体にフィットしてガサガサしないこと、通気性がよくてムレないことが挙げられよう。

最近の手術衣素材には、スパンレース、ナイロンスパンボンド、湿式、PP-S M Sの不織布が使われている。それらは撥水加工されて、いずれも綿布よりバクテリアバリアー性に優れている。その中でもS M Sや湿式はバクテリアバリアー性に優れているが、ややフィルムライクであったり、紙ライクであるため使用量は少ない。一方、スパンレース、スパンボンドは、その着心

Nonwoven Fabrics for Medical Use

著者紹介 MOTOCHIKA MAKI

Meditec Japan Co., Ltd.

有限会社 メディテックジャパン 代表取締役社長

著者は医療用不織布製品の開発を専門とされる。趣味は登山、バドミントン。

本稿では、メディカル分野での不織布使用に関して、現状、問題点、将来展望等広汎に解説していただいた。

表1. 日本における新しい不織布の登場と対応する新しい製品

	素材	対応する製品
1960年代	強化紙 エアレイド不織布 接着式乾式不織布 湿式不織布 ガラス繊維不織布	ベッドシート, 枕カバー 失禁シート, 透析処置シート 失禁シート, キャップ 初期手術衣, 初期覆布, CSR ラップ サージカルマスク
1970年代	メルトブロー不織布 ナイロンスパンボンド不織布 スパンレース不織布	新サージカルマスク 手術衣, 吸水-防水タイプ覆布 手術衣・覆布, キャップ
1980~90年代	PP-S/M/S (ポリプロピレン スパンボンド/メルトブロー/) (スパンボンド-複合体 微多孔フィルムと不織布の複合素材)	S/M/S 手術衣, S/M/S 滅菌用ラッパー 手術衣

地の良さから多く使用されている。特にパルプ入りスパンレースは、バクテリアバリアー性の高さと着心地の良さがうまくバランスしていることで、近年急速にシェアを伸ばし、現在は素材全体の80~90%を占める。

今後の普及の中での、予想される新しい動きは、手術や処置の方法毎に素材・形態が変えられると共に、より安価な製品も要求されるであろう。例えば、1) 短時間手術では安価な湿式、2) 泌尿器手術では、前面部フィルムで背部にスパンレースやS/M/S品が挙げられよう。

また、フィルム、S/M/S、微多孔フィルム複合素材を前面や胸部に使用し、背面や袖に他素材を組み合わせた手術衣等、多くの素材が1つの製品に使用された新しい製品も今後は予想される。

2.2 覆 布

覆布は手術野を清潔・無菌的に保つために使われるが、その要求性能としては「バクテリアバリアー性と無塵性」がもっとも重要である。また使い易さからは、患者へのフィット性の良さやガサガサしないこと、滑り難いことも重要である。

不織布覆布素材は大きく、撥水タイプと吸水-防水タイプに分けられる。撥水タイプは撥水加工されたスパンレース、特にパルプ入りスパンレースが大半を占めている。一方、吸水-防水タイプには、吸水性のスパンレース、ナイロンスパンボンド、乾式不織布のいずれかとフィルムを貼り合わせた複合素材が使われている。

撥水タイプは、術野から出た血液等の汚染液を瞬時に

流し去り、術野周辺を清潔に保つ。一方、吸水-防水タイプは、術野からの汚染液を吸水表面で吸収するも、裏面に通さず汚染域を広げない。両タイプのほとんどが、綿布よりバクテリアバリアー性、無塵性に優れている。

使い易さにしても、最近の製品は布に近いドレープ性を有し、ガサガサしない物がほとんどである。必要に応じて滑り止め加工もされている。このように不織布覆布はすでに綿布品を越えていると言えよう。

用途的には、感染症患者手術には、吸水-防水タイプが汚染液を吸収し、汚染域を拡大させないことで非常に適している。一方、泌尿器手術や眼科手術等の水を流しながら行なう手術では、撥水ドレープの術野周辺に流水袋を取り付け、流れ出た汚染液を集める方法で清潔な手術が行なわれている。また、撥水ドレープは術野周辺を清潔に保つことで無菌手術にも適している。

現状、使用されている素材としてはパルプ入りスパンレースが70~80%を占めている。今後の普及の中でも、パルプ入りスパンレースは増えていくであろう。同時に、この普及によって病院経費が増大しないよう、種々の合理化要求が予想される。例えば、各手術に合わせた無駄の少ない覆布セット、短時間手術・処置に合ったより簡易で安価な覆布の開発が求められるであろう。

今後の手術の進歩・変化に合った新しい覆布やセットの開発、また従来品のより使い易い、安全な製品への改良もされていくであろう。

2.3 マスク

手術用マスクは、術者-患者間での感染防止のために、

“高いバクテリアバリエー性 (B.F.E.) と高い通気性”が求められる。このため、フィルターとしては、ほとんどポリプロピレンメルトブロー不織布が使われ、B.F.E. 95%以上が要望されている。

固定方式としては、1) 紐タイプ=術者用…耳も覆う手術用キャップの上から装着できる。2) ゴム紐・耳かけタイプ…脱着が非常に容易なので、術者を除く手術室に出入する人や、ICU、無菌室、新生児室等の清潔さが非常に重要な場所で普及しつつある。この普及には、良品質、安価品の出現も大きい。一方、術者用紐タイプについても、これに代る同一機能で容易に脱着できる“ゴム紐頭かけ品”が開発されている。

また、病棟等でのアイソレーションマスク=簡易マスクには、濡れて破れる紙マスクに対し、最近では、スパンレースの打抜マスクや、長時間使用でき、何回でもかけ直せるスパンボンドのゴム紐タイプも開発されている。

さらに危険度の高い感染症患者手術では汚染液が眼に入らないように防曇加工された透明樹脂をマスクの上部に貼り付けた“シールド付マスク”も開発されている。

2.4 キャップ

キャップは、毛髪や毛髪からの塵芥、細菌の落下防止のために使用される。その形状は着用対象者や着用場所によって異なる。例えば、手術室でも術者、麻酔医、間接介助看護婦、技師等々で異なるキャップが着用される。

素材には、乾式、PP スパンボンド、湿式、スパンレース等の不織布が、用途に応じ、機能性、着用性、ファッション性を考慮して使用されている。

2.5 患者衣・検診衣

一般の患者衣や分娩衣は比較的長時間着用される。これらでは、着心地の良さ、透けないことと共に、色合やデザイン等のファッション性も要求される。また、塵芥の少ないことも重要である。素材的には、スパンレース、ナイロンスパンボンド、乾式、PP-S・M 不織布が主に使用されている。

一方、短時間着用の製品としては、内視鏡検査用等の穴あきズボンの普及度が高い。他には、レントゲンガウン、手術室への移送時の患者衣も使われている。これら製品では、透けないこと、コストの安いことが強く要求されるが、着心地の良さについては強く要求されない。現在はスパンレース、ナイロンスパンボンドが多く使用されているが、今後は湿式やメルトブロー素材が多くなるであろう。

また、今後、人間ドック等での検診衣の大きな需要が見込まれる。

2.6 C.S.R ラップ (滅菌用包装布)

C.S.R ラップには、滅菌時の耐熱性や蒸気・ガスの

通過性の良さと共に、滅菌後にもバクテリアバリエー性を維持し、内容物を無菌保持する性能が要求される。加えて、内容物を完全に包むための適度の柔軟性や、それぞれの内容物 (リネン、器械等) に合わせた素材の強度も必要である。現在では、それぞれの内容物に対応する多くの素材も開発されている。実際の使用にあたっては、滅菌内容物に合わせた素材品を選択する必要がある。

また伸度の大きな素材は、包装時の引っ張った時等に繊維間隔が開く易く、バクテリアバリエー性の低下が心配である。

この点で使用される素材は、湿式と PPS M S が主流である。これらの素材は高い撥水性・バクテリアバリエー性を有しており、リネンよりはるかに優れている。

3. 今後の新しい不織布素材・製品の開発

主な製品の最近の動きについては前述の通りであるが、まだまだ各製品の使用される用途・方法に適確にマッチした物の開発とその特長の PR が求められる。

例えば、微多孔フィルムの両面に吸水と撥水の不織布を貼り合わせた複合体は“高いバクテリアバリエー手術衣”の前面部に使用されている。しかし、余り売れていないように見受けられる。売れ難い理由としては、イ) 素材の通気性の低さ、ロ) 背面部一透けのあるスパンボンドに対する不安感、ハ) 高バクテリアバリエー手術衣のメリットの反面、高価格であるので、“汎用品”としての販売は困難、等が考えられる。

今後の拡販には、イ) 高バクテリアバリエー性でムレない素材への改良・開発、ロ) 背面部にメルトブロー不織布複合体を使用、ハ) 高バクテリアバリエー性を、先ず危険度の高い手術・解剖等の製品向に強く PR していくのも重要であろう。

また、PP-S M S の高いバクテリアバリエー性手術衣もフィルムライクなため余り売れない。最近米国で、PP メルトブロー不織布の両面に PP 熱融着不織布を貼合わせた布ライクで、安価な複合素材が開発された。この素材が S M S に代る新しい手術衣への可能性を有するかもしれない。また安価なことで、新しい患者、検診衣への可能性も有する。

このように、新しい素材の開発要求は、単一素材に限らず、広く複合素材へも向けられている。この中で、後加工による改良・複合化にも注目する必要がある。

また、手術衣・覆布等の製品では、今後、多くの素材 (複合素材を含む) の組み合わせによる新しい製品が生み出されるであろう。さらに覆布では、流水袋を取り付けて、汚染液をすべて袋に集めるようにした安全で便利な製品が作られている。今後、新しい流水袋の開発も進

むであろうが、このような新しいアクセサリーの開発で斬新な製品が生み出されることが期待される。

また、最近では広く院内感染の予防に対する意識が高まっている。この期に、もし安価な抗菌性素材が開発されるなら、それらは多くの製品に使われるであろう。また、安価で透き通らない素材が開発されるなら、患者衣・検診衣に広く使われるかもしれない。

まだまだ、新しい素材・製品が求められている。

4. 製品コスト

日本の不織布市場は着実に成長しているが、なお米国に較べて、その普及率は非常に低い。その相異を端的に示すのは、米国では不織布製品を使用する最大の理由として「病院経費の低減」が挙げられる。一方、日本では不織布製品（ディスポ）はまだリネンより高いと言われているのが実情である。

その相異点をもう少し詳しく述べると、日本は米国に較べて、①まだ全般的に大量生産になっていない、②病院での要求品質が使用上での問題のない点（例えばガウンの裾のわずかなギザギザ等）までも厳しくチェックされ、その補償要求も非常に強く、大きい。そのためこのリスク費用を価格に上乗せせざるを得ない。③病院として従来からのルートを大事にする余り、なかなか販売システムの簡素化や価格ダウンを企めない。その他、病院での覆布の使い方で、高バリアー性の不織布製品でも、綿覆布と同じく何枚と重ねて使われる等、不織布のメリットを生かした合理的な使用が十分にされていない。この例は、他の品目にも広く言えよう。これも、日本の高い製品コストの大きな要因であろう。

この例は、日本ではメーカーの製品PRがまだまだ必要であることも示している。

最近、各メーカーが大手病院向手術衣で激しく競合し、その価格が大幅にダウンしている。この価格ダウンの動きは他の品目にも波及し、不織布製品の普及に役立つであろう。大きな普及への期待となる動きである。

一方、リネンの再生費用（洗浄、補修、折り畳み、滅菌保管、設備費、人件費）のコストが年々高くなっている。これも不織布製品が普及する要因になろう。

また、日本でも米国の如く、院内感染防止に役立ったり、手術を簡素化できる等の不織布製品について、何らかの病院経費上の特典（保険制度への組み込み等）が得られるシステムが作られたら、さらに大きく伸びるであろう。そして、総医療費の削減につながるであろう。

日本市場は、米国並に急成長するにはまだまだ問題があるが、上述のように着実に成長することは間違いない。この成長毎に、メーカーとして量産化による生産の合理

化や安価品の開発を進め、不織布製品が汎用的に使われるような“価格ダウン”を作らねばならない。

5. 廃棄面での問題と改良

今まで、不織布製品市場は着実に成長してきたし、今後も着実に成長することが予想されている。しかし、今後の普及の中で、増加する使用後の製品をいかに安全に、かつクリーンに廃棄するかが大きな問題になりつつある。今後の成長には、廃棄方法の確立によるこの問題を避けて通ることはできない。

平成4年の「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の施行に伴い、病院や診療所から出た医療廃棄物の処理はこの法律に従って行なわれている。特に血液や体液等が付着した等の感染性廃棄物は特別管理下で、無菌化して廃棄しなければならない。また、この法律施行に伴い、病院での廃棄費用が高騰したことで、不織布製品の普及は病院経費の増大につながり、今後の普及に大きな障害になりそうな状況である。

この廃棄物問題の解決には、無菌化と廃棄を同時に処理できる“焼却”を病院で行なうことであるが、設備が高価、運転費用が高い、有害ガス・煙・設置場所がない等の解決すべき点がある。

現在、廃棄問題に関し、求められている事を下記に述べるが、まだ、これからである。

- ① 焼却廃棄において、有害物質や高熱を出さない素材の開発
- ② 高熱に耐え、有害ガスの無害化処理や、煙の排出を抑えられる焼却炉
- ③ 感染性廃棄物の簡便な無菌処理方法・システムや設備の開発

また、最近米国では、温水溶性PVA繊維からなる不織布覆布やタオル等が開発され、容易に高温水中に廃棄されることで話題を呼んでいると聞く。それらの実用化には、なおその素材の柔軟化やコスト低減が必要のようであるが、非常に興味ある研究と思われる。

いずれにしても、環境問題に配慮した製品・システムの開発が望まれるところである。また、製品のメーカーが廃棄物を回収するシステムも検討されよう。

6. 不織布製品の将来展望と問題点

米国における不織布製品の普及は非常に高く、約80%と言われる。一方、日本の市場は年間一約200億円、普及率20%と言われ、まだ米国に較べて非常に低い。

米国では、不織布製品が病院経費の低減のために使用され、汎用品（マスク、キャップ、シューカバー等）まで院内広く使われている。

その様子を下図¹⁾に示す。一方、日本での使用は、感染症手術や未検査手術が主体で、最近やっと無菌手術にも広がってきているが、まだ多くない。ましてや、MRSA 問題から汎用品にも広がりとあるとは言え、まだ微々たるものである。

この状況を打開して日本が米国並に普及するためには、

6.1 メーカーが製品毎の要求性能を適確に知ること

このためには、素材・製品メーカーが病院と一緒にあって、手術製品は勿論、患者衣等広く製品を分類して、それに合わせた要求性能や取扱方法を標準化することが必要である。そして、メーカーは得られた情報を基に、市場拡大に向けて次のようなワークが必要であろう。

- ① 各用途に合わせた新しい、優れた製品の開発と、病院への啓蒙。
- ② 不織布の特長を理解しての過剰品質を排した製品、

過剰使用を排したセットの開発と病院への啓蒙。

- ③ 多くの病院は、まだまだ不織布製品のメリットを十分に理解していない。その病院に対し、実使用上のメリットを啓蒙し、汎用化を促進する。

6.2 製品の価格ダウン

メーカーの激しい競争から、一部製品の価格ダウンは著しい。しかしなお、米国に較べて、かなり高いようである。普及と価格ダウンとはどちらが先かは別として、併行して進むのは間違いない。今後の普及に合わせて、メーカーは積極的に価格ダウンに取り組み、汎用品の普及に努力する必要があるだろう。

6.3 PL 法や不織布製品の医療用具適用

メーカーにとって多くの投資を必要とするだろうが、これをクリアーすることで、病院に信頼される、より安全な製品を供給し、普及への力ともなろう。

6.4 廃棄物処理問題

不織布製品のみならず、プラスチック製品やその他、広範囲の製品に関係する問題であるが、メーカーと病院が一緒になって解決の方法を模索していかなければならない。

これらが着実にクリアーされるならば、その時には、日本でも不織布が米国並に普及しているであろう。

参考文献

- 1) 1994 INSIGHT INTERNATIONAL CONFERENCE
REVIEW NONWOVENS WORLD SPRING, 1995, 53
～61.

(平成7年6月30日受理)

40th FRP CON-EX '95

(ショールームのある第40回 FRP 総合講演会)

主催：(社)強化プラスチック協会

40th FRP CON-EX '95 実行委員会

期日：平成7年10月17日(火)～10月19日(木)

会場：関西大学100周年記念館

(大阪府吹田市山手町3-3-35)

電話 06-388-1121)

問い合わせ先：(社)強化プラスチック協会

40th FRP CON-EX '95 実行委員会

〒104 東京都中央区銀座3-15-15

(丸電ビル)

電話 03-3543-1531

第29回国際会議のための準備セミナー

主催：社団法人日本工学会

日時：平成7年9月23日(土) 9:00～20:00

9月24日(日) 9:00～17:00

会議：海外職業訓練センター研修施設

千葉市美浜区ひび野1-1

電話 043-276-0211

参加費：80,000円 (資料代、懇親会費等を含む)

宿泊費：18,000円 (2泊、食事付)

定員：18名

問い合わせ先：〒107 東京都港区赤坂9-6-14

乃木坂ビル 社団法人 日本工学会

電話 03-3475-4621

FAX 03-3403-1738