展 望

複合紡糸技術の最近の進歩と将来の展望

井 上 猛 司

1. はじめに

合成繊維工業は成長期を過ぎて、そろそろ成熟期に入ったと思われる。このような時代には、スケールメリットの追求や安価で高品質の原料を確保することで合成繊維の製造での利益を上げることが難しくなって来る。これからの合成繊維メーカーは常に製品の情報的な価値を高くして行く努力を続けなければならない。その手段としては、生産品種や銘柄などをできるだけ多くし、いわゆる間口を拡げる方向と、加工工程を広く深く支配するという、いわゆる川下への進出という方向とが有力なものであると考えられる。

繊維メーカーの立場から「間口を拡げる」手段を考えると、複合紡糸は極めて有力なものである。それは複合紡糸技術が多様性に富んでおり、非常に多くのアイデアを提供してくれるからである。それは関連する特許が日本だけでも 1,000 件をはるかに越えていることから見ても明らかであろう。

「川下への進出」を考えても複合紡糸はかなり有力な手段である。複合繊維によるプロデューサーズ・テキスチャード・ヤーン (PTY) は、将来加工糸の有力な品種になると思われる。複合繊維の PTY は製造設備が複雑で高価であるため、マスプロ指向で考えるとスピン・ドロ・テキスチャード・ヤーンへ持って行かざるを得なくなる。しかし複合繊維の PTY は延伸条件や仕上条件などを変えることによって、従来の仮燃加工糸では考えられないような巾広い領域の糸質を得ることが可能である。また各成分に各々異なった改質を加えて極めて複雑な改質繊維とすることができる。このような「小廻りのきく」特性を生かすためには、加工ルートにおける緊密な協力関係がぜひとも必要である。この特性を逆に利用すれば加工チーム作りが可能になる。

Recent Advance on Developments and Potential in Multi-Component Fibers.

TAKESHI INOUE

Senior Staff to Director, Technological Research Laboratories, KURARAY Co., Ltd.
株式会社クラレ 技術研究所 所長付

複合繊維は上記のような捲縮の利用のほかにも、さまざまな用途が知られている。最近では人工皮革の分野への伸びが顕著である。

我々が現在使用している天然繊維のほとんどが複合繊維的な構造を持っていることも指摘できる。技術的に解析すれば、複合繊維的な特性を持たない繊維は、他との競争に敗れて、姿を消したのかもしれない。天然繊維のキャッチフレーズの「ほんもののフィリング」も、実は大部分が複合繊維の特性に過ぎないと思われる。複合紡糸技術を利用しない合成繊維の天然繊維ライク改質は、まだアプローチ段階の初歩的なものと考えた方がよいと思われる。

2. 研究開発の歴史

複合繊維の紡糸技術は、元来二つの系統が存在した。一つは多種の紡糸原液を別々に調整し、これを紡糸口金の付近で組み合わせて紡糸する方法である。これは狭義の複合紡糸であるが、まぎらわしいので「多原液型の複合紡糸」と呼びたい。もう一つは多種のポリマーから一つの紡糸原液を調整し、紡糸する方法である。これは混合紡糸と呼ばれることが多かったが、「一原液型の複合紡糸」と呼びたい。

両方を合わせて複合紡糸と呼びたい理由は、両者の技術が近年非常に進歩した結果、出来上った複合繊維の側から見るとほとんど同じものが、両方の紡糸方法によって作り得るようになったことである。単なる紡糸装置の相違により、類似した繊維に別の名称を与えるのは好ましくない。統一的に命名すれば、定義も簡単になる。複合という言葉は最近使われすぎるので、それを避けて多成分繊維と呼んだ方がよいかもしれない。

多原液型の複合紡糸は 1937 年に、ドイツの IG 社で発明された¹⁾。わずかに遅れて、日本でも新興人絹で独立した発明がなされている²⁾。一原液型はさらに古く、1937 年にはイタリアの CISA Viscosa 社でビスコースとカゼインの複合繊維「Cisalfa」が企業化されている³⁾。しかしその後かなり長い間、目につく発展がなかった。

多原液型は一時 Avisco 社で検討されたが放棄され、

実に発明後 22 年の 1959 年に du pont 社によって企業化された。一原液型もビスコース・蛋白複合紡糸は段々先細りになり、50 年代のテフロン、60 年代のコーデランでようやく本格的な発展時代に入った。その後の発展は順調であり、アクリルの複合繊維は常識化し、ポリエステル複合繊維も高級ふとん綿として市場に定着しそうである。人工皮革の基布分野でも、多芯型複合繊維を使ったクラリーノおよびエクセースが、普通繊維を使った Corfam などを圧倒して伸びつつある。このほかパイロット段階にある技術は目白押しの状態にある。

このような情勢と、構成が複雑で特許がとり易い事情から、関連する特許が極めて多く、とくに近年の出願が多い。日本の公告特許だけでも 2,000 件近くになり、実用新案や公開特許を含めれば 2,000 件を上廻るのではないと思われる。しかもこのような活発な特許出願はまだしばらく続くように思われる。

3. 複合形態による分類

複合繊維を紡糸方式によって分類することは、紡糸技術の進歩により、段々と意味のないものになって来た。とくに繊維の形態や特性を中心に考察し、将来について考える場合には、複合形態による分類が必要である。その分類を表 1 に示した。

この分類による各タイプについて、その現状、用途、紡糸法などについて概説する。

3.1 完全混合型

異種ポリマーの溶液や融液の混合物は熱力学的に不安定であり、混合操作を停止すれば拡散などによって分離する方向へ向う。従ってこのタイプに属するものは、ホ

モポリマーとコポリマー、またはコポリマー同志の、同系統ポリマーの複合に限定されると思われる。

縮合系ポリマーの一部のように容易に交換反応を起すものはだめであるが、多くのポリマー系でこの複合は重要である。低率の共重合物を繊維にするよりも、ホモポリマーと高率の共重合物を複合する方が、その繊維の本来の風合や物性を保ち、耐熱性、形態安定性、防皺性なども良好といわれる。

この方法をバイメタル型の複合と組み合わせると、面白い応用ができる。低率の共重合物の方が、染色性を同レベルにそろえると、熱収縮率を大きくできるので、染めむらの少ない捲縮繊維が得られる。

3.2 分散型

分散している成分の粒子が大きいと、紡糸過程で伸びたり、つながったりして次の多芯型になってしまうので、粒子の小さいものしか知られていない。粒子サイズの小さいものを多原液型で複合することは現段階ではまだ難しい技術である。現在のところ、一成分をエマルジョンの形で作り、それを他成分の溶液に加えて紡糸原液としている。このような作り方のため熔融紡糸は難しいようである。

このタイプの代表がポリクラール繊維である。共重合物とちがって、多くの特性が平均的でない点を利用しており、ユニークなものである。この繊維は火災に対する安全性が高い特徴を生かして成長が期待される。

このタイプの繊維からマトリックス成分を除去して、分散成分だけで繊維を作ることができる。これはポリ四フッ化エチレンの繊維の製造に利用されている。

このタイプの繊維の未利用の特性として、表面特性が

ある。紡糸条件によっていろいろな形の微細な凸起を持った表面を作ることができ、光沢や摩擦特性を大巾に変えることができる。熔融紡糸に適用できれば特に面白いと思われる。

3.3 多芯型

初期の一原液型の複合繊維はすべて多芯型であったのではないと思われる。これらは最初ビスコース・蛋白質複合紡糸をはじめ、成功したものはまだ少ないようである。

多芯型の複合繊維で最初に成功したと思われるのは、人工皮革の基布である。これはマトリック

表 1 複合繊維の形態別分類とそれに対応する製造方法と主要用途

分 類	分類の定義	主要用途	製 造 方 法		
			多原液型	一原液型	
完全混合型	電子顕微鏡のスケールでも各成分の単独存在が証明できない。	同系統コポリマー複合による化学的改質	不	可	可
分散型	顕微鏡的に芯粒子の両端がほとんど明らかな。	芯だけを残す化学的改質	困	難	可
多芯型	多数の芯があり芯粒子の末端が顕微鏡的にあまり(全く)見当らない。	人工皮革 合成バルブ 弾性率の改良	可		可
多層型	層状もしくは薄片状に配列(除三層以下)	(今後の開発に期待)	可	可能性あり	
芯さや型	(さや二層以上は多層型とする)	捲縮の利用・接着剤 芯の保護	可	可能性あり	
類バイメタル型	バイメタル状、サンドイッチ状	捲縮の利用 よじれの利用 接着剤	可	困	難
特殊型	部分的にも前述の分類に属しない	異形断面糸・節糸・接着剤	可	不	可
組み合わせ型	二タイプ以上の組合せ	(今後の開発に期待)	大体可能	困	難

したものであるが、得られた構造は天然皮革に似たものである。図1に天然皮革(カーフ)、図2に人工皮革(クラリーノ L-26)の断面の一部の拡大写真を示す。両図は品種・銘柄などをえらんで、特によく似た部分を写したものである。すべての銘柄について多芯型複合繊維を用いた人工皮革が天然皮革に酷似した構造を持っているわけではない。しかし両図に示されるような、どこが違っているかちょっと見わけがつかない構造のものも作ることができる。

天然物を模倣した商品は、少しでも天然物に近いものが有力である。多芯型複合繊維を最初に人工皮革に導入したクラリーノが、他を圧倒できたのは、当然と思われる。

この分野にはさらに東レのエクセースが、スエード・タイプに進出し好評を得た。製法はクラリーノは一原液型、エクセースは多原液型といわれているが、一原液型の場合、個々の芯の長さは数十ミリ以上であり、現在のように数十ミリのステープルに切った後、不織布に作る工程をとる限り、切断長が多原液型の半分位になるという差しかない。芯成分を抽出して芯成分の膨潤によってマトリックス成分をフィブリル化しようとする場合には、一原液型と多原液型の間に全く差がなくなる。この領域において両方の紡糸法は製品サイドから見て全く重なり

合う。

多芯型複合繊維は次に述べる多層型複合繊維と共に、フィブリル化し易い特徴を持っている。これを利用してパルプに似たものを容易に作ることができる。合成パルプは石油資源の将来を考えると木材パルプに代って伸びるとは思えないが特殊紙用として可能性が残されている。

物理的・化学的改質の手段としては、従来成功していないが、今後もそうであるとは言えない。ナイロンとポリエステルは複合は細々とはあるが続いて来ており、やがて大きく伸びることも考えられる。

3.4 多層型

多芯型との区別は、扁平な芯を持っていたマトリックスと区別がつけられれば多芯型とする。多層の複合でもバイメタル型とサンドイッチ型は特別な性質を持っているので別にし、四層以上を多層型とする。

多層型はさらに細分すると、多重芯さや型、四層以上の積層型、不規則な薄片型になる。いずれも比較的最近開発されたもので、用途のはっきりしないものが多い。

多重芯さや型は特殊な光沢が得られるとか、染色した時に色相が良いという特許がある。表面に出たさや層と内側のさや層の機能を区別して考えれば種々の利用が考えられる。

四層以上の積層型はスプリット糸の原料として興味がある。周期的に分裂しやすいい界面もしくは層を入れてやると、延伸後分裂してバイメタル型やサンドイッチ型の繊維になる⁹⁾。特殊だが安価な加工糸として有望と思われる。

不規則な薄片型は、フィブリル化し易さを利用して、合成パルプに使われる可能性があり、人工皮革の基布についても若干の可能性を持っている。

多層型は多原液型の複合紡糸で作られる。しかし多重芯さやの場合には一原液型でも可能性がある。

3.5 芯さや型

原則として単芯であるが、極めて芯の本数が少ない多芯型の場合、物性的に芯さや型に近いので境界をどこに引くか問題が残されている。

芯さや型は化学的に不安定で紡糸時に変質する成分を芯として、さやによってそれを保護するというアイデアから出発した。次に芯を扁心させると捲縮が発生することがわかってかなり研究された。しかし前者については保護すべき適当な性能が見えず、後者についてはバイメタル型にくらべて捲縮が良くないため実用化に至らなかった。前者については、蒸発し易い防炎剤を芯成分に含ませる方法が注目される。

芯さや型の場合、芯あるいはさやの機能を生かした使い方が必要と思われる。芯の機能の利用としては、異型

図1 天然皮革(カーフ)の断面 (×130)

図2 人工皮革(クラリーノ L-26)の断面 (×130)

断面の芯を用いる鐘紡のシデリアが面白いアイデアとして注目される。構成成分のナイロンとポリエステルの中間の弾性率を持ち、異型断面の芯の広い表面が界面の剝離防止の役割を果たしている。さや成分の機能の利用としては、さや成分の接着力を利用する I.C.I の Melded Fabric が注目される⁹⁾。ただ、バイメタル型でも似たものが作れること、現在出ている商品が接着力の他に捲縮性を利用していると思われることから、最終的に芯さや型に落ち着くかどうかかわからない。さや成分の機能の利用として、摩擦的性質、親水性、帯電性、光沢などを変えるというアイデアが出されているが、まだ実用化には至っていない。しかしこれらは将来大きく伸びることが期待される。

3.6 類バイメタル型

これは二種類（場合によると三種類）のポリマーの界面に発生する歪を、繊維の変形によって解消させ、その際に生じる形態変化を利用するものである。これには羊毛型のらせん状捲縮を発生するバイメタル型と、木綿型のよじれを発生するサンドイッチ型がある。

現在生産されている複合繊維は量的には大部分がバイメタル型である。ポリマーの系統ではアクリル系が大半である。この傾向は当分続くであろうが、ポリマー系統別ではポリエステルのシェアの増大が期待される。それはポリエステルの場合加工糸、梳毛糸およびサンドイッチ型の複合による木綿分野への進出という三種類の可能性があり、その各々が大きな市場を持っているからである。一方アクリルの場合は用途が紡績糸のニットだけである上、複合繊維のマーケットシェアがすでに高くなっているため、爆発的な成長は望めない状態である。

ポリエステル複合繊維の PTY は、伸縮性の大きいタイプで仮燃に対抗することは困難である。しかし伸縮性を殺したタイプでは仮燃糸よりも広い範囲に特性を変えることができる。この理由は仮燃糸が仮燃と次の熱処理でヒートセット性を使いきってしまうのに対し、複合繊維の方は使いきれずに残しているためと思われる。また複合繊維の方が若干均染性が良いため、無理がきくという面もある。両者の特性で最も相違の大きい点は光沢である。複合繊維の断面は紡糸孔が円形ならばほぼ円形であり、PTY としては光沢が極めて少ないのに対し、仮燃糸はキラキラした独特の光沢を持っている。

PTY として加工条件のフレキシビリティが高いことは逆に製造・加工条件を広く変えられて精度も良い設備を設置する要求が出て来ると思われる。そのため、設備費は高くなり、コストもそう低くはならないように思われる。従って、PTY としての開発の方向は小廻りのきく特性を生かしたものでなければならない。

PTY としてコストメリットを追求するには、紡糸から捲縮発現処理まで直結で製造する、スピン・ドロー・テキスチャード系として開発しなければならない。技術的な可能性は十分あるが、コストとどこまで小廻りのきく設備にするかの兼ね合いに難しさがある。

梳毛糸としてはビリングの発生が極めて激しい欠点があるが、羊毛混の場合に羊毛の特性や風合をほとんど変えないという「なじみの良さ」が認められるので、今後の改良に期待している。

木綿のように扁平でよじれた形態をポリエステルに与えれば、かさ高さや被覆力でも木綿に近いものになると思われる。木綿が慢性的に不足する時代がすぐ来るとは思われないので、この改質はコットンライクの PTY という形で実現すると思われる。

このタイプの複合繊維で接着を主な目的とするものがある¹⁰⁾。特許は I.C.I などから出願されており、I.C.I の Melded Fabric はこのタイプに落ち着く可能性がある。

紡糸方法は芯さや型同様伝統的に多原液型である。しかし一原液型で絶対紡糸できないとは断言できない。

3.7 特殊型

各成分の界面が極めて複雑な形をしていて、前記の各タイプに分類できないもの、あるいは繊維の長さ方向に周期的に各成分が配列するものなどである。

前者は非常に変わった断面の繊維を作ることができる特徴があり、パイロットスケールでの試販が行なわれているようである。後者は節糸、テーパーのある繊維、接着繊維などに使うことが考えられている。

紡糸法としては多原液型であり、一原液型ではまず作れないと思われる。

3.8 組み合わせ型

特殊型との境界があいまいであるが、ある部分は無視して考えたり、一部をとり出して考えることにより、二種類以上の分類に属すると判断されるものを組み合わせ型と呼ぶことにする。

前述の各タイプの複合繊維は、多層型と特殊型を除いて、研究の歴史が長く、すでに基礎研究の段階を終って実用化研究ないし企業化の段階に入っているものが多いと思われる。研究開発としては終着駅に近い段階で、出願特許が極めて多いのもその証拠と思われる。

これに対し組み合わせ型は研究としてまだまだ残された領域が少なくない。この研究は面白いと同時に、極めて難かしいものである。ただでさえ自由度の大きい複合繊維の領域に、さらにタイプの組み合わせという要素を加えて自由度を大きくするのであるから、しらみつぶしにやるなどと言うことはとうていできない。役に立つ分野をねらって開発して行く必要があり、研究者の眼力と腕の

見せどころと言えるかもしれない。

この型の複合繊維の研究に対しては、天然繊維の持つ複合繊維的な特性をどのような形で合成繊維に導入して行くかをまず考える必要がある。そのためには、天然繊維の複合繊維的な特性を見直す価値があると思われる。

4. 天然繊維の複合繊維的な特性

絹はその高価さゆえに、古来多くの繊維化学者が挑戦して来た素材である。現在でもその構造にはわからない所がある。このためその構造は近寄り難いものとの印象を与える。しかし化学的に非常に複雑であるが、繊維構造的には天然繊維の中で最も簡単であるように思われる。絹は三角に近い断面の芯さや型複合繊維であって、テキスチャード糸の構造は蚕の首振り運動で作られたもので、恐らくニット・デニット法に近い形態のものではないかと思われる。この構造は製糸工程で伸ばされて一旦消失するが、練りの工程で顕在化する。絹のかさ高さはさやのセリシンを除いて生じた空間を、捲縮が発生して糸がふくらんでうめて行くことで生まれるものと思われる。

絹の光沢はその断面形状に由来する。三角の角が立っている点は典型的な乾式紡糸繊維である。絹鳴りやドレープ性は結晶性蛋白質の表面の摩擦特性に由来する。

羊毛は絹と対照的に蛋白質繊維の中では化学的にも構造的にも最も複雑である。羊毛を最も単純化したモデルとして説明すると、極めて薄いさやをかぶったバイメタル型複合繊維と言うことができる。さや層は極めて薄く、スケールとその支持層から成っている。この層は特に疎水性の蛋白質からできているといわれ、摩擦特性やフェルト化や特異な疎水性の原因となっていると思われる。羊毛の大部分を占める芯部は、複雑な細胞組織を持っているが、大まかに言えばバイメタル型の複合繊維になっている。バイメタル型の構造はすぐれた捲縮性やかさ高性の要因であるが、さらに縮絨性の一つの原因でもあると思われる。またこれらの構造は着用を重ねてもなかなかたびれた外観を示さないことや光沢が少ない特性にも寄与していると思われる。

さや層のスケールは摩擦方向による摩擦係数の差が存在する原因であり、これが縮絨性やフェルト化の主要な要因となっている。この層の疎水性は羊毛の発水性の原

因であり、恐らく透湿も妨害している。羊毛全体としては極めて吸湿性に富んでおり、親水性と疎水性の特異な組み合わせを示す。

複雑な構造の天然繊維の中でも、木綿は特に複雑な構造を持っている。層毎に配向方向が異なった多層型複合繊維で、つぶれた中空部を持っており扁平であり、さらに繊維全体は交互に反転をくり返すよじれ構造を持っている。中空部の形状は後加工で変化し、断面形状も大巾に変化することも大きな特徴である。

分子配向が繊維軸方向に対して大きく傾いていることも珍らしい。これは綿細胞にセルロースが沈着する時に自然にできたものであるが、ビスコースレーヨンで若干似た構造のものが知られており¹⁾、セルロース以外のポリマーでは知られていないので、セルロース独特の化学的性質によるものかもしれない。

麻は一種の多芯型複合繊維と言うことができる。マトリックス成分はペクチン質やリグニン質などのポリマーで、機械的処理や化学的処理で芯を取出して利用する。完全な芯だけにしてしまうと、多くの種類では多角型断面の中空繊維になってしまう。実際に使われる状態では、繊維の外形は単調で、ひび割れや枝分かれを沢山持っている以外には複合繊維的な特徴に乏しいようである。

麻は産業革命以前において、量的には繊維の王座を占めていたと思われるが、近代的な紡績工程に対する適合性に乏しかったため急激に衰退し、わずかにジュート、サイザル等の低級麻類が統計の片すみに残っている状態になってしまった。

紡績工程に対する適合性の乏しさは、開織の難かしさ、夾雑物の多さなどの他に、捲縮がないという欠点によると思われる。これはまた複合繊維的な特性の乏しさが原因と考えても良いのではないだろうか。

文 献

- 1) 特公昭 14-2996
- 2) 特公昭 14-1929
- 3) Josef Plail; *Melliand Textilberichte*, 19, 7, (1938)
- 4) O. B. Rasmussen; 2nd Shirley International Seminar
- 5) 特公昭 41-18839 ほか多数
- 6) U. S. P. 2, 417, 453 (1947)
- 7) 特公昭 45-27536

(昭和49年8月31日受理)