合繊新素材の技術開発

高橋 洋*

1. はじめに

繊維は細くて長いものと定義され、表面積が大きくてしなやかで強いなどの特徴を持っている。中でも、1次元の材料でありながら織ったり編んだりすることで2次元の布帛にでき、さらに縫製することによって衣服などの3次元に加工できるという特徴がある。この繊維一本一本を加工することにより、新しい機能や特徴を与えることができれば、織り編みや縫製の多様な組合せによって非常に多くの機能や特徴を持つ衣服を作り出すことができる。特に代表的な合成繊維であるポリエステル繊維は熱可塑性であることから加工がし易く、共重合やブレンドなどのポリマー改質、溶融紡糸口金の吐出孔形状変更による異形断面化、異種ポリマーとの複合紡糸、糸加工などによる混織などの技術が開発され、様々な風合いや機能を有する特徴ある新製品が生み出されてきている。

ポリエステル（ポリエチレンテレフタレート）は、英国のキャリコ・プリンター・アソシエーションのウィンフィールドやディクソンらによって発明され、1950年前後にデュボン社や英国ICI社によって工業化された。わが国では東レと帝人がICI社から特許実施権を獲得し、1958年からポリエステル繊維の生産を開始した。当初のポリエステル繊維は、断面形状が丸断面で一本一本の単糸が均一であることが特徴であった。また、単に強度や耐久性に優れるというだけでなく、ウオッシュ・アンド・ウェアやノン・アイロニングなどのイージー・ケア性が高く評価された結果、木綿との混紡使用によるシャツ地など、ステープル・ファイバー（短繊維）として安定した用途を確保した。一方、長繊維であるフィラメントは、その力学特性がナイロンやアクリルなどの他の合成繊維に比べて最も絹に近いこともあって、主として絹織物分野への適用が検討された。

木綿や絹やウールなどの天然繊維は、特殊な断面形状をしているばかりでなく一本一本の単糸の断面形状が微妙に異なり、また、太さムラがあるのが一般的である。天然繊維である絹の単糸の断面形状をまね、絹織物の外観や風合いをまね、さらには絹の持っているムラ感までもまねるといったライク商品の技術開発が進められていった。そして、そこから生まれた技術はより高められ、ついには天然繊維にない合成繊維独自の外観・風合いや従来の合成繊維が

持っていなかった新しい機能を付与する技術、すなわち「新合繊」と呼ばれる素材が誕生するに至った。

以下、絹織物を追求したシルキーポリエステル繊維と合繊独自の極細繊維から生まれたスエード調人工皮革の開発の歴史を述べる。

2. シルキーポリエステル開発の歴史

人類にとって、絹は常に憧れの的であった。シルクロードの時代から繊細な風合いと優雅な光沢が魅力となり、現在でも、繊維の女王として君臨し続けている。それゆえ、自然に頼らず自らの手で人工的に絹を創り出すことは、錬金術にも匹敵する人類の夢であり、シルキーポリエステル開発の歴史は、わが国でポリエステル繊維が生産開始されてからわずか6年後に始まった。シルキーポリエステル開発の歴史（世代、特徴、技術）を表1に示す。

2.1 絹へのアプローチ（第1世代）

絹へのアプローチは先ず、絹糸の特徴を真似ることから始まった。その代表的な技術は、断面形状とアルカリ減量加工である。

(1) 断面形状

絹糸は蚕の作る繭を構成する繊維である。蚕は、左右に一對ある絹糸腺から分泌する2本のフィブロイン（タンパク質の一種）をセリシンという熱水で溶解する別のタンパク質で被覆した糸を吐き出して繭を形成する。このフィブロイン繊維はほぼ三角形の断面形状をしており、絹様の光沢を発現する重要な要素となっている。

ポリエステル繊維は溶融紡糸法によって製造され、溶融ポリマーを口金から押し出すには対称性の点から円形断面が最も安定で製造しやすい。しかし、絹の模倣は先ず形か

表1 シルキーポリエステル開発の歴史

世代/技術思想	特徴	技術
第一世代（1964～） 絹へのアプローチ	光沢 ドレープ	三角断面 アルカリ減量加工 透明ポリマー
第二世代（1975～） 風合いの徹底的追求	ふくらみ ソフト風合い	異収縮差混織 ランダム熱処理 捲縮構造
第三世代（1979～） 自然感・ムラ感の追求	自然なムラ感 シルキースパン ライク	ムラ延伸 複合仮撚 複合エアー加工
第四世代（1983～） 合繊独自風合いの追求	超ソフトタッチ 絹鳴り	極細繊維 三花卉断面

* Takahashi, Hiroshi
東レ(株) 繊維研究所
三島市 4845 (〒411-8652)
2002.5.15 受理

らという発想に基づき、最初のシルキーポリエステル繊維として、口金の吐出孔形状を変更して絹に似せた三角断面形状の繊維が作られた。これによって、ポリエステル繊維でありながら絹様の光沢を持つ繊維が得られることとなり、現在でもシルキーポリエステル繊維といえば三角断面形状が主流である。絹糸とシルキーポリエステル繊維の断面形状の一例を図1に示す。

断面形状の変化はこの三角形から始まったが、その後、五葉、八葉、中空、扁平などの様々な断面形状が生み出され、ポリエステル繊維に様々な風合いや機能を付与する基本技術となっている。

(2) アルカリ減量加工

上述したように、繭を構成している糸は2本のフィブロイン繊維とそれを取りまくセリシンとからなっている。通常、この外側のセリシンは絹織物の精練工程で熱水によりほとんど溶解除去されて、2本の独立したフィブロイン繊維、すなわち絹糸となる。このセリシンが除去された後に生まれた空隙によって、織物中の一本一本の絹糸が自由に動くことができ、絹織物独特のやわらかい風合いと優雅な曲線を生み出すドレープ性が与えられる。

一方、ポリエステルはアルカリで加水分解を起こし、分解物が水溶性のために繊維を細くできることが、ICI社の技術者たちによって知られていた(USP 2590402など)。しかしながら、これらは風合いの改善を目的としたものではなく、細い繊維を直接製造することが困難なため、より太い繊維で織物を作り溶解処理によって細くしようとする思想であった。

わが国の技術者は、絹糸のセリシン除去に対応する技術として、ドレープ性向上にこの技術を応用した。現在ではアルカリ減量加工として、シルキーポリエステル織物だけでなく、ポリエステル織物全般の仕上げ加工として、幅広く適用されている。通常20~30重量%の減量加工を施すことによって、織物にドレープ性ややわらかな風合いが付与されている。

2.2 風合いの徹底的追求(第二世代)

蚕は繭を作るときに8の字状に首を振りながら糸を吐くため、絹糸には繊維長さ方向に不規則な湾曲やねじれ、収縮のムラがある。これが絹織物独特のソフトなふくらみを与える。このソフトなふくらみをポリエステル繊維で達成するために、異収縮混織技術や繊維を延伸した後に長手方向および単糸間でランダムに収縮率の異なる繊維を作るラ

ンダム熱処理技術が生み出された。

異収縮混織技術とは、熱収縮率の異なる2種の糸を混織して織物にした後に、熱処理で生ずる糸長差を利用し、織物にふくらみを与える技術である。1960年代後半にデュポン社がポリアミド系繊維の“キアナ”で採用したのがこの技術の始まりであった。わが国では、共重合ポリエステル繊維を高収縮成分とし、通常のポリエステル繊維との収縮率の差を利用した同様な技術が開発された(日本特許950012など)。この異収縮混織技術によって、なめらかな光沢とソフトなふくらみを有するシルキーポリエステル繊維織物を実現できた。

2.3 自然感の追求(第三世代)

絹糸は繊維間ならびに繊維の長さ方向に太さムラや断面形状ムラや染色ムラなどの天然繊維独特の不規則性をもっており、これらが人間の心理に暖かみや安らぎなどの好ましい感覚を与えている。一方、合成繊維は大量生産の点から均一性が望まれるし、それが特徴でもある。それゆえ、合成繊維は単調で暖かみに欠けていた。このため、合成繊維に自然感を取り込む技術開発がいろいろと行われてきた。

例えば、特殊な延伸を行うことで糸長さ方向に未延伸部と延伸部とを交互に発現させることによって太細をつけたシックアンドシンヤーン(太細糸)もその一つである。染色すると、未延伸部が濃染となり延伸部が淡染となることによって、染色した織物での視覚的濃淡や触ったときの独特の太細感覚(ドライ感)が得られる。

また、伸度の大幅に異なる糸を融着仮撚したり、2種の糸の供給速度を変えて交絡処理する複合エア加工などの高高性能と糸長さ方向に毛羽感を付与する技術も開発された。

2.4 合繊独自風合いの追求(第四世代)

視覚や触覚だけでなく聴覚からも絹に近づくために、絹鳴りに挑戦した技術者がいる。藤本は、絹織物の摩擦によって生じる音を音響解析し、繊維の断面形状と絹鳴りとの関係を詳しく調べた¹⁾。その結果、三角断面の三つの頂点にサブミクロンオーダーのスリット状凹部を付けた三花卉タイプ(図3)が最も絹鳴りに近いことを見出した。

このように天然繊維の持つ深い味わいをポリエステル繊維に付与する技術が追求されていったが、この中でライク商品の限界を感じるようになった。そこで、単に天然繊維である絹の特徴を追いかけるだけでなく、天然繊維にない新質感や従来の合成繊維にない高質感、すなわち、合繊独自の風合いを追求しようという気運が生まれた。これが、「新合繊」を生み出し、また、その代表的な技術が極細織

図1 絹糸とシルキーポリエステル繊維の断面形状

図2 繭糸の軌跡

維の活用である。

3. 極細繊維の展開

3.1 極細繊維とは

極細繊維に明確な定義はないが、広義には天然繊維で最も細いとされる絹（約 1.0 dtex）を基準に、これより細い繊維が極細繊維とされる。しかし、従来繊維と異なる触感（タッチ）や柔軟性などの極細繊維独特の特徴が現れ始めるのは 0.5 dtex 以下であり、特に顕著となるのは 0.1 dtex 以下である。このため、0.1 dtex 以下を超極細繊維と区分する場合もある。

極細繊維のイメージを把握するため、極細繊維と一般に馴染みの深い繊維との太さの比較を表 2 に示す。ちなみに、現在得られている最も細い繊維は 1 万分の 1 dtex（直径約 0.1μm）であり、この繊維約 4.2 g で地球から月までの距離（38 万 km）を到達させることができる。

3.2 極細繊維の製造方法

極細繊維の製造方法を図 4 に示す。紡糸口金の小さな吐出孔を用いて直接紡糸によって極細繊維を得る方法が最も単純であるが、この方法で工業的に得られる極細繊維の太さは 0.1 dtex 近辺までであり、それ以下は技術的、コスト的に問題となる。

一方、異なる 2 成分のポリマーからなる複合繊維を製造し、通常の繊維と同様に複合繊維のままで織編物にした後に、1 成分を除去もしくは両成分間を剥離させて極細繊維化する方法がある。図 4 に直接紡糸法と対比し、この原理を模式的に示した。複合繊維の形態として海鳥型と剥離分割型がある²⁾。海鳥型は複合繊維の 1 成分（海成分）を溶

解除去することにより、剥離分割型は薬品もしくは物理的処理により 2 成分を剥離させることにより極細繊維化を行う。

また、海鳥型複合繊維の一例を図 5 に示す。この製造方法は、極細繊維となるべき多数の鳥成分を海成分が取り囲んだポリマー複合流を作り、それらを束ねつつ一本のフィラメントとして押し出して複合繊維を得るものである。

複合繊維法の最も大きな利点は、極細繊維に伴う加工段階における繊維の巻き付きや糸切れなどの問題を完全に回避出来る事である。即ち、加工段階では通常の太い複合繊維のため通常繊維と全く同様な取り扱いが可能であり、工程上の問題のなくなった段階で化学的もしくは物理的処理を加えることにより極細繊維化出来ることである。

3.3 極細繊維製品の展開

極細繊維はその製造技術に特徴があるものの、それよりも極細繊維の特徴をうまく引き出す商品化技術が重要である。極細繊維は、細さという幾何学的面からの柔軟性、可撓性、タッチ、光沢、大きな比表面積、充填性（布帛表面のフラット性）などの特徴の他、擦過音の減少や生体適合性等といった思わぬ効果も有している。これら特徴を活かし、極細繊維ならではの優れた製品が開発されており、その代表例がスエード調人工皮革とめがね拭きなどの高性能ワイピング材である。

図 4 極細繊維の製造方法

図 3 三花瓣タイプポリエステル繊維

表 2 シルキーポリエステル開発の歴史

繊維種	繊度 (dtex)	円換算直径(μ m)
人間の髪の毛	20	53
羊毛	3～5	20～26
紳士 Y シャツ用細繊度 PET	1.5	15
絹糸	1～1.5	10～13
極細繊維	<1.0	<9
超極細繊維	0.1	3
実験室レベル超超極細繊維	0.0001	0.1

図 5 海鳥型複合繊維

(1) スエード調人工皮革

極細繊維が大きな注目を集めることになったのは、スエード調人工皮革の開発によるところが大きい。天然皮革はコラーゲン極細繊維束が絡合した構造から成っている。このような、天然の極細繊維束の絡合構造と極めて酷似した一層の不織布構造からなり、特性的にも天然皮革に勝るとも劣らない本格的なスエード調人工皮革が開発された。この方法で得た人工皮革と天然鹿革との構造を図6に比較した。皮革表面だけでなく、皮革内部の構造も非常に類似していることがわかる。

(2) 高性能ワイピング材

極細繊維のワイピング機能を活かし、メガネ拭き用や産業用などに優れた機能を有するワイピング材が開発されている。メガネ拭きを例にそのワイピング機能を説明すると、極細繊維を用いた場合には、柔軟なことによるレンズへの

密着度増加と繊維が細いことによるレンズへの接触繊維本数増大のために拭き取り効果が増大するだけでなく、極細繊維間のマイクロな多数の空隙内に表層の汚れが押し込まれることによる汚れの再付着防止効果の複合作用にある。

4. 新合繊とその後

新合繊は、「従来の合成繊維ではなく、新たに創出された天然繊維では表現し得ない独自の質感を備えた高感性合繊テキスタイル」と一般に言われており、昭和63年から数年間の合繊産業復興の立て役者となり、ブームを巻き起こした。

その技術は、シルキーポリエステル繊維開発の中で確立された様々な技術と極細繊維技術とをベースとして、わが国の誇る高度な高次加工技術が組み合わされた川上から川下に至る総合技術の結晶であった。新合繊は、①ニューシルキー、②ドライタッチ、③ピーチ（極細繊維タッチ）、④ニュー梳毛に4大別され、様々な新素材・新商品が生み出された。

しかし、平成4年を境に新合繊のブームは沈静化し、カジュアル化の波の中で天然繊維や再生繊維へと衣料用素材の主役が移っている。ただし、新合繊開発の中で生み出され確立されてきた様々な技術は、現在も高度化され、新しい素材開発、たとえば、軽量、吸汗・吸湿、ストレッチなどの機能性を追求した快適性素材の開発などに、その技術は活かされている。新技術をベースとした合成繊維の大型新素材の出現が期待されるところである。

参 考 文 献

- 1) 藤本倍己：繊維機械学会誌，41(2)，129 (1988)
- 2) 繊維学会編：最新の紡糸技術 (1992)，高分子刊行会

図6 本格的な人工皮革と鹿革との構造比較