「合成繊維の進化」特集

異形断面—ナイロン繊維—

村 瀬 繁 満

1. はじめに

世界で最初に上市された合成繊維はデュボンのナイロン繊維(1938年工業化)であり、精度の高い真円形断面形状であった。

この溶融紡糸法によって製造される異形断面繊維は溶融ポリマーの紡糸過程の繊維断面の変化の解明などによる紡糸技術の進化や紡糸口金の形状加工精度の向上に伴い、比較的容易に断面形状を工業的にコントロールできるようになった。また市場ニーズの高質化とあいまって多種多様な異形断面、中空断面繊維の開発、生産が行われてきた。

この溶融紡糸法が出現するまでの化学繊維はセルロースを溶剤に溶解し、紡糸口金から凝固浴中に押し出し繊維とする湿式紡糸法によって得られるレーヨン繊維(ビスコース法, 1884年工業化)およびキュプラ繊維(1897年工業化)、空气中に押し出し繊維とする乾式紡糸法によって得られるジ・アセテート繊維(1921年工業化)であった。いずれの繊維も脱溶媒時に比較的大きな体積収縮が生じ、それにつれて断面変形が起こるため、得られる繊維断面形状が紡糸口金形状を反映しにくく、溶融紡糸法に比較して異形断面繊維の製造が複雑である。

2. ナイロン異形断面繊維の製造方法

基本的な製造方法は、ナイロン繊維もポリエステル繊維も同じであるが、表1に示すように、異形度と紡糸の要因は互いに密接な関係がある。これらのうち、溶融ポリマーの特性¹⁾としては、“溶融粘度”“弾性回復歪み”“平均緩和時間”が、繊維の断面形状としては、“紡糸口金の

表1 異形断面糸と紡糸要因

項 目	要 因
溶融ポリマー	溶融粘度, 弾性回復歪み, 平均緩和時間, 溶融密度, 表面張力, 粘性流動活性化エネルギー
紡 糸 口 金	断面形状, 導入部の形状, 断面積, 孔数, 孔配列
紡 糸 条 件	紡糸温度, 吐出量, 雰囲気温度, 冷却条件, 引取速度

形状”“断面積”“導入部の形状”が、また紡糸条件としては、“冷却条件”“引取速度”が断面形状を決める支配的な要因として挙げられる。特に吐出されたポリマーが固化するまでの工程で繊維の断面はほぼ決定され、紡糸口金から吐出された溶融ポリマーは、温度の低下とともに溶融粘度、表面張力のいずれも増加するが、その変化の度合いは溶融粘度の方が極めて大きい。このため、ポリマー粘度、冷却条件が変形度を支配する最も重要なファクターである。具体的には溶融粘度が高いほど、言い換えれば重合度が高いほど、また紡糸温度が低いほど、さらに吐出されたポリマーの冷却速度が速いほど、得られる繊維の異形の度合いは高くなる。

図1に紡糸口金の形状(上段)と繊維断面の形状(下段)との関係を模式的に示す²⁾。図1(A)は紡糸口金の断面形状に重点を置いた考え方であり、目的とする繊維の断面形状とほぼ相似形をした断面形状の紡糸口金から溶融ポリマーを吐出することによって得られる。また図1(B)は紡糸口金の形状に加えてポリマーの特徴も考慮することにより異形断面繊維を得る方法であり、紡糸口金から

Non-Circular Cross Section and Hollow Fiber of Nylon

著者紹介 SHIGEMITSU MURASE

Research and Development Center, Unitika Ltd.

ユニチカ㈱中央研究所 主管, 工学博士

著者は、高分子構造、高分子物性などを専門とされ、特に、ナイロン、ポリエステルを中心に溶融紡糸に関する研究に従事されてきた。

本稿では、ナイロンに関する異形断面繊維の種類、特徴について解説していただいた。

図1 紡糸口金形状(上段)と繊維断面形状(下段)

大気圧中に吐出される溶融ポリマーが、急激な圧力ダウンにより発生するバラス効果(ポリマーが紡糸口金の太さより太くなる現象)を利用して紡糸口金直下で融着させる方法である。なお中空断面の繊維を得るために、不活性ガスなどを圧送する気体吹き込み方法で中空部を形成することもできる。

3. ナイロン異形断面繊維の特徴

一般に、繊維断面を変えることで繊維の集合体の性能を変化させることが可能である。

ナイロン異形断面繊維の持つ主な性能は次の通りである。

- ・風合いを改良する(曲げ硬さなど)
- ・高い嵩高性を得る(中空化など)
- ・汚れの目立ちを少なくする、鮮明性を得る
(繊維表面、繊維内部の光の反射を制御)
- ・毛细管作用による水分の吸収、発散性が向上する
(単繊維間のミクロな空隙を形成)

これらの性能はナイロン繊維が発明された初期の頃から発見されており、異形断面糸の製造に関する研究開発が行われている。異形断面糸の基本的な特許は、1950年～1960年代にかけデュポン社が出願³⁾している。この特許内容例は、隣接させた円形孔から吐出したポリマーを融着させ、異形繊維あるいは中空糸を製造する図1(B)の考えのもととなる出願、また現在でも最も一般的に実用化されている三角断面に関し、三角断面の各辺の長さを規定し、光をランダムに散乱させることによる光沢の改良を目的とした出願⁴⁾、さらに異形断面の汚れ減少効果に関して、従来は最小の表面積を有する繊維が円形断面であって、汚れも最小になるという考えであったが、三角断面にすることにより耐汚れ性も改良されることがカーペット産業で使用されるナイロン嵩高フィラメントのBCF

(Bulked Continuous Filament)を対象に記載されている。

また異形断面糸は、単繊維間にミクロな空隙を生成するため、毛细管作用による水分の吸収・発散に優れており、発汗時には汗を素早く吸うとともに放湿するため、サラッとした肌触りとなる。これらの効果は、異形の度合いが高ければ高いほど優れた特徴を発揮する。

以下、実用化されているナイロン異形断面繊維形状例と異形化することで生まれる繊維性能、用途の関係につき述べる。

(1)三角断面

写真1⁶⁾は代表的な三角断面繊維である。前記した通り、ナイロン三角断面繊維は化学繊維の異形断面化のルーツであり、化学繊維が天然繊維の持つ優れた性質を取り込む努力の最初の成果である。

写真1 ナイロン三角断面繊維

三角断面繊維の開発は、絹(絹の種類は多くあるが最も広く実用化されている家蚕をさす)の繊維断面の模倣から出発している。すなわち絹が“優雅な光沢”を有しているのは、滑らかな表面状態に加え、断面形状がほぼ三角形であり、かつ断面形状が不揃いであることに注目して出発している。しかし一般に合成繊維は表面は平滑ではあるが、繊維表面で光が反射(屈折率が高い)しやすいため、入射光が繊維内部まで入りにくく、現在でも絹の優雅な光沢を表現する技術開発がマクロな繊維断面形状検討だけでなく、繊維表面に光の波長オーダーの凹凸を形成する等の表面改質(例えばポリマー中へ微粒子を練り込む)も行われている。

ナイロン三角断面繊維は、衣料用途にも幅広く展開されており⁵⁾、紙面の都合で紹介は割愛するが、ほぼ準定番的な地位を占めているといってもよい。いずれも光沢性の向上、バルキー性、ドライタッチ、清涼感に代表される風合はもとより、単繊維間にミクロな空隙ができた

め、毛細管作用により吸水性を有するという特徴もあり、パンスト、スポーツウェア、カジュアルウェアなどに使用されている。

(2)五葉断面

写真2⁷⁾は五葉断面繊維であり、制電剤練り込み型の異形断面糸が挙げられる。特徴は落ち着いた光沢と、ドライな風合であり、インナー用途を中心に展開されている。また繊維断面が“植物の葉”に類似していることより五角断面とは異なる表現がされる。

写真2 ナイロン五葉断面繊維

(3)扁平断面

写真3⁸⁾に示す扁平断面繊維は透明性のあるきれいな光沢と、深みのある発色性が特徴であり、水着およびスポーツ用アウターウェアを中心に使用されている。

写真3 ナイロン扁平断面繊維

写真4⁹⁾に示す扁平断面繊維は四山扁平断面であり、繊維の曲げ硬さが小さくなり、風合いがソフトになる。特に有毛織編物にした場合に効果的である。

(4)十字断面

写真5¹⁰⁾は十字断面繊維であり、繊維断面の重なりから生まれた繊維間の空隙により、円形断面に比較して嵩高性が25%以上向上するほか、適度なハリ・コシを持ち、ドライ感に優れており、ファッションバッグの他、インナー素材に好適といわれている。

写真4 ナイロン扁平断面繊維

写真5 ナイロン十字断面繊維

(5)ダブルプラス断面

写真6¹¹⁾はダブルプラス断面繊維であり、主にサポートタイプのパンスト用に用いられており、ムレ感、ヌメリ感を解決し、サラッとした肌触りを与える。

写真6 ナイロンダブルプラス断面繊維

(6)中空断面

写真7¹²⁾はBCF用途に使用されている中空異形断面繊維であり、いわゆる四穴中空繊維と呼ばれ、三角断面と同様、独特の光沢、耐汚れ性の特性、カバリング性、およびハリ・コシを有している。

写真7 ナイロン四穴中空断面繊維

また、繊維自体の外形は円形断面に近いが、中空部の形状が要求性能との関係で種々工夫されているものとし

写真8 円形中空断面繊維

写真9 三角中空断面繊維

写真10 円形中空断面繊維

て、写真8¹³⁾は四角形、写真9¹⁴⁾は三角形であり、いずれも15~30%の中空率である。写真10¹⁵⁾は四角形であり、中空率が30~40%である。これら一連の中空ナイロン繊維の共通点は、軽量で優れた保温性を有しており、スポーツウエア、カジュアルウエア、コートなどの用途に展開されている。

(7)井型断面

写真11¹⁶⁾は繊維断面が多軸交差した井型形状の繊維である。ナイロン繊維はポリエステル繊維よりも冷却速度が遅いため、一般に中空度の高い繊維が得られにくい。また高い中空度の繊維が得られても、用途により断面形状が変形することがある。これらを改良する目的で開発されたものであり、中空度は35%と極めて高く、写真12¹⁶⁾からもわかるように、繊維の断面形状は織物にした後も保持されている。表2には、井形断面糸の特徴を円形断面の繊維と比較して記すが、ファブリックは独特の感性的特徴を有し、多軸交差構造によるフィラメント間の微細空隙部に空気を内在するため、嵩密度は円形断面繊維織物に比べ約30%小さく、軽量性に優れ、また保温性に

写真11 井型断面繊維

写真12 井型断面繊維(織物中)

表2 マイクロアート織物の性能

			井型断面	円形断面
中空率			35	—
軽量性	目付	g/cm ²	81.5	100.8
	厚み	mm	0.23	0.21
	嵩密度	g/cm ³	0.354	0.480
保温性	保温率 ^{*)}	%	6.5	4.0
	Clo値	Clo	0.04	0.02
撥水性	撥水度	未洗 HL-10	100 90	95 80
	水滴	未洗	4° 03'	8° 05'
	転がり性 ^{**)}	HL-10	11° 57'	17° 50'

*) JIS L 1096(恒温法による)

**) 社内法(水滴をのせた織物を傾け、水滴が転がり始める角度)

も優れている、さらに繊維断面外周部に形成されているミクロン・メートル単位の多軸先端部は、そのまま織物表面でも発現しているために、撥水加工を施した場合、高度な撥水性も兼ね備えている。コートなどの衣料、ウインドブレーカーなどのスポーツ用途に展開している。

4. おわりに

熔融紡糸法による真円状断面のナイロン繊維が工業化されてから60年が経過するが、異形断面繊維もほぼ同じような年数が経過し種々の断面が開発、実用化され市場ニーズを満たしてきた。それら異形断面繊維について製造技術の概要、性能上の特徴を紹介した。比較的容易な手段で大きな性能の特徴を付与できる異形繊維の今後の開発は、天然繊維ライクといった風合改良のみならず、他の機能性も具備するための複合化など、より豊かな生活を送るための合成繊維の開発に的が絞られてきている。

後記：執筆にあたって合繊各社に写真などのご提供をお願いしたが、紙面の都合などもあり全部を紹介できなかった。紙面を借りてお礼とお詫びを申し上げる。

文 献

- 1) 「最新の紡糸技術」第1章、繊維学会編、高分子刊行会(1992)。
- 2) 「図説 繊維の形態」繊維学会編 朝倉書店(1982)。
- 3) U.S.P., 2804645。
- 4) U.S.P., 2939201. 特公昭36-20770。
- 5) 日本化学繊維協会資料

参考商品名

- 6) 写真1 ユニチカ㈱
- 7) 写真2 カネボウ合繊㈱「ソアリスN®」
- 8) 写真3 東レ㈱「リアラッシュ®」
- 9) 写真4 ユニチカ㈱
- 10) 写真5 東洋紡績㈱「クスクス®」
- 11) 写真6 帝人㈱「シルエース®」
- 12) 写真7 ユニチカ㈱
- 13) 写真8 カネボウ合繊㈱「ライトロン®」
- 14) 写真9 東レ㈱「ファリーロ®」
- 15) 写真10 東洋紡績㈱「エアークープ®」
- 16) 写真11, 12 ユニチカ㈱「マイクロアート®」