溶融紡糸技術にかかわる 製造技術の進展*

会 員 安 塚 勝 三**

1. はじめに

合成繊維が工業生産されるようになって、はや40年の歴史を刻む。その間に、ナイロン、ポリエステル、ポリアクリルニトリル、三大合成繊維が工業的に際立って成長したわけであるが、その躍進の原動力は繊維製造技術の進展によるものであると確信する。

しかるに、実際の工業生産技術について、子細にうかがい知る機会はほとんどなかったように思われる。

ところで、すでに公開された断片的な技術情報を集約してみることができれば、繊維製造技術の進展を知る上に少なからず有用だろうと考えて、本稿を寄せる次第である。

2. 繊維製造技術の分類とその特徴

繊維製造技術は、適用するポリマの熱溶融特性の有無によって、(1)溶融紡糸技術（熱溶融性ポリマの繊維製造に好適）、(2)溶液紡糸技術（熱溶融性のないポリマの繊維製造に適用、湿式と乾式）に分類することができ、用途的にはフィラメント（長繊維）とステープル（短繊維）に分けられる。

(1)の技術は、繊維化のプロセスおよび繊維の形成機構がシンプルであって、低速度から高速度までのきわめて広い選択自由度があり、衣料用繊維から産業用繊維までを工業的に提供するのに最も適している。特に、高生産、拡大生産、高効率生産に適している。その技術上の進展は、高速化、合理化、省略省力化に終始しほられている。そのことは、ITMA、ATME等の国際繊維機械展の動向などからもうかがい知ることができる。その究

極技術として注目されるのが、いわゆる POY, DTY 技術として工業的に開花をみた革新技術であって、明日への姿を示唆している。

(2)の技術は、ポリマを流動化するのに熱エネルギーに替えて化学溶媒を適用し、繊維化しやすいポリマ溶液を得るために（主成分ポリマに他成分ポリマを加えて）ポリマ変成が行われる。したがって、ポリマの変成の仕方（コポリマの種類）、ポリマ溶媒の種類、紡糸凝固液の構成要件（薬剤の種類、成分比など）あるいは気体中での溶媒の蒸発凝固条件など要件の選択自由度が大きい。ポリマや溶媒が変ることによって個々に異質の技術ノウハウを必要とする。なお、凝固液を適用してポリマ吐出液を固化させる方法を湿式紡糸法、気体雰囲気中にポリマ吐出を行って溶媒蒸発を促して固化させる方法を乾式紡糸法とっている。

以上のようなわけで、溶液紡糸法によって得られる繊維は、それぞれ微妙に個性があり、他の表現をすれば、特化されたものが期待できる。例えば、アクリル系繊維を考えてみても、アクリルニトリルの純粋ポリマが適用されることはなく、第2、第3の成分とその適用割合を変えた変成コポリマ化し、その溶媒の種類、凝固液（湿式）、気体中での溶媒蒸発（乾式）、などによる溶媒抽出機構の違いを利用して、断面形状の特化や楕円形、まゆ型、しわしわの複雑断面のものまで多様な繊維が得られる。

(2)の技術は以上のような特殊性があり、(1)の技術のように定型的に論じにくい側面がある。そこで本稿では特徴を若干整理する程度にとどめる。

(2)の技術は、溶媒に溶かしたポリマ溶液をノズル細孔

*Development of Fiber Making Technologies in Melt Spinning Process.

**K. Yasuzuka, Member. ユニチカ 中央研究所 主席

から強制的に加压吐出させて、溶媒の抽出されていく過程でポリマ凝固を促し繊維を形成させることを基本とする。したがって、凝固過程で繊維表面からの溶媒除去に必要な時間的制約、凝固液との走行抵抗などを考えると、高速繊維形成には向かない。溶媒回収の煩雑さ（回収設備の投資）も考慮しなければならない。この点は、(1)に比べ大きな工業的ハンディといえる。

この方法の特徴として、ノズルから吐出される線状ポ

リマの表面形成が速く、隣接細孔から吐出されるポリマ同志の密着の心配がないために、数千孔にも及ぶ多孔ノズルの適用、すなわち多量吐出ができるので、トウおよびステープルなどの製造に適している。

この方法も、繊維構造を形成させるのに、紡糸（未配向未延伸糸）⇒延伸の工程が必要であるが、紡糸速度が遅いので、紡糸と延伸は連続して行うことが伝統的に行われてきている。

表1 紡糸・延伸・加工糸技術の進歩と主要適用製品の変遷

進展のステージ	製 糸 技 術	加 工 糸 技 術	糸	製 品
(I) 工業生産技術 の構築	(1937~1959) 工業生産技術 溶融格子法 ラインシャフト・P I V駆動 熱延伸法 トランスファ テール ワインド方式 (ワーブ ワインド) コンビネーション ワンダリング	(1935~1955) ① イタリア式撚糸機 による加工糸 (1955~) ② 仮撚法工業化 ③ 各種加工糸	各種合織の工業生産態勢 整う	靴 下 トリコット タ フ タ デ シ ン タイヤコード 産業資材
(II) 高生産, 拡大生産の技術	(1960~1969) 高生産・拡大生産技術 エクストルーダ法* インバータ駆動* 複合紡糸 (ブレンド法も含む) レーヨン廃止 P N C 法 用途拡大 (1965~) タイヤコード, 産業資材	(1962~) フリクション仮撚糸 (1967~) 太デニール加工糸 仮撚糸主流化	(1960~1964) 各種異形断面糸 各種複合断面糸 (巻縮・割織・芯鞘・多層 ・海島等) 各種改質・改良合織糸 (1965~1970) 各種耐熱性繊維 シルキ合織糸 PTY	(1960~) デ シ ン シルキ織物 パンスト (1953~1966) エラス織物 (1966~) 風合い織物 (1965~1969) ニットブーム インテリア
(III) 省力合理化 の技術	(1970~1979) 省力・合理化技術** (1970~1974) 前半 (転換期)*** Spin-Draw (1969) POY・DTY (1971) A C・A D (1975) 後 半 (1975~1979) DMT→TPA転換 連続重合直接紡糸 Spin-Draw Texturing(BCF)	(1971~) POY・DTY 撚糸機および ダブルツイスタ フリクションDTY BCF	(1971~) 多様化指向 各種極細糸 (0.1~1d) 撚 糸 (1973~) 各種差別化繊維 ・シルキ化 ・スパンライク化 ・天然指向	(1972~1974) ニットブーム スエードブーム 起毛製品 ジョーゼット シルキ織物 (異収縮混織糸) スパンライク織物 および編物指向
(IV) 多様化, 差別化の技術	高付加価値 差別化技術 (多様化)			

注) * 1965以降溶融格子法に替って普及

** Z P計画 (東レ)

自動化, 省力化の極限追求 (東レ石川) 人員は従来レベル生産の1/5といわれる。

1970計画, 1973建設着手, 1975生産開始, (注) 無人工場見聞記 (日織1979. 4. 10)

***レーヨン閉鎖続出

ナイロン・スパンデックス中止, ナイロン→エステル転換

別表 1-1 合成繊維の工業化シテュエーション

1674 ~ 1944	1945 ~ 1949	1950 ~ 1954	1955 ~ 1959	1960 ~ 1964	1965 ~ 1969	1970 ~ 1974	1975 ~ 1979
合成繊維創生期		工業化技術構築期		高度成長期 (大量・高生産技術)		転換期 (合理化・省力化技術)	
<p>○ビスコース生産 (1917) A.Viscose</p> <p>○ボバール生産 (1934)</p> <p>○N66テスト生産 (1938) Du Pont</p> <p>○N 6 テスト生産(1938) I G (1943)東レ</p> <p>○レーヨン生産 (1930) 帝人 (1931) 日レ</p> <p>○アセテート生産(1934)日室</p> <p>○ガラス繊維 (1939) 日東紡</p> <p>○Rene A F de R (1734) 生糸のような人工糸発想</p> <p>○硝化綿 (1846) C.F.Schonenfein</p> <p>○ビスコース法 (1892)</p> <p>○ポリ塩化ビニール(1910代) Griesheim Elektron</p> <p>○N66 (1928) カローザス</p> <p>○イタリア式燃糸機による加工糸 (1932) Heberlein</p> <p>○仮燃加工糸 (1935) B. Celanese</p> <p>○ボバール不溶化(1934)桜田 (ビニロン)</p> <p>戦後日紡クラレ工業化</p> <p>○ポリウレタン (1940) 星野</p> <p>○アクリルニトリル (1941) 神原 (1943) I G (1948) Du Pont</p> <p>○撥過法加工糸 (1942)</p> <p>○スタッファ法加工糸(1943)</p> <p>○ポリエステル (1941) Calico Printer's Assoc</p>	<p>○ビニロン生産 (1947) 日紡 クラレ</p> <p>○ポリエステルテスト生産 (1949) I C I</p> <p>○アクリル生産 (1947) Du Pont</p> <p>○ナイロン靴下市販 (1949) 東レ</p> <p>○ I C I およびDu pont ⇨ Calico printer's A. より ポリエステル特許権取得</p>	<p>○ナイロン加工糸生産(1950) 東レ</p> <p>○ポリエチレン生産 (1953)</p> <p>○ポリエステル生産 (1953) Du Pont</p> <p>○アクリル生産 (1951) Chemst.</p> <p>○ポリウレタン (1953) Du Pont</p> <p>○ナイロン 4 (1954)</p> <p>○PETとPEG 共重合 (1950) I C I (高染着性)</p> <p>○チーグラ触媒による常圧ポリ エチレン (1953) K. Ziegler</p> <p>○エア ジェット法加工糸 (1951)</p> <p>○賦型法加工糸 (1951)</p>	<p>○日レ(現ユニチカ)ナイロン 生産 (1955)</p> <p>○ポリエステル増産 (1955) I C I</p> <p>○仮燃加工糸生産 (1955)</p> <p>○ポリビロビレン生産 (1957) モンテ</p> <p>○アクリル生産(1957)旭化成 (1958)エクスラン</p> <p>○ポリエステル生産 (1958) 東レ 帝人</p> <p>○ポリウレタン (1958) Du Pont</p> <p>○ポリプロピレン(1955) ナツタ</p> <p>○高速紡糸(1955) Du Pont 特公昭31-6767</p> <p>○中空糸 (1957)</p> <p>○カチオン可染糸 (1958) Du Pont</p> <p>○抗ビル (スルフォン基) (1959)</p> <p>○部分未延伸糸 (1959) Du Pont</p> <p>○フリクション仮燃 (1955) B S</p> <p>○スタッファ法加工糸(1955)</p> <p>○渦流式 O E (1955)</p> <p>○ナンデル(1956) Du Pont</p> <p>○ケンネル法加工糸 (1957) 特公昭32-6349</p>	<p>○太アニール P T Y (1961)</p> <p>○ポリプロピレン生産(1962) 三菱レ</p> <p>○日本ビニロン (1962)</p> <p>○ナイロン後発生産 (1963)</p> <p>○ポリエステル後発生産 (1964)</p> <p>○ P E T - P T Y (1964) I C I</p> <p>○レーヨン生産中止 (1962)</p> <p>○ P N C 重合法 (1962) 東レ</p> <p>○Nomex (HT-1) (1960) Du Pont</p> <p>○三角糸 (1960) Du Pont</p> <p>○四角糸以上 (1962)</p> <p>○多層糸 (1962)</p> <p>○ファンシー糸 (1962)</p> <p>○フラッシュ紡糸 (1963)</p> <p>○ナイロン制電糸 (1963) Du Pont</p> <p>○割織糸 (1963) Du Pont</p> <p>○コア スパン (1963)</p> <p>○毛羽糸 (1964) ユニチカ</p> <p>○開織法 (1760)</p>	<p>○エステル後発発 (1969)</p> <p>○カントリース (1965) Du Pont</p> <p>○スパンボンド (1965) Du Pont</p> <p>Reemay</p> <p>○Nomex 生産 (1965) Du Pont</p> <p>○シルキ合繊糸 (1968) ベンゾエート (ユニチカ) キアナ (Du Pont)</p> <p>シノン (東洋紡), etc.</p> <p>○ナイロン/ポリエステルブレ ンド多層糸 (高モジュラ ス) (1965) Allied</p> <p>○異収縮混織糸 (1965)</p> <p>○芯鞘等の各種複合糸(1966)</p> <p>○N12 (1966) Werke Huels</p> <p>○コーデラン (1967) 興人</p> <p>○炭素繊維 (1967) コートールズ</p> <p>○ナイロン易染・難染(1968) ユニチカ</p> <p>○融着糸 (1968)</p> <p>○Kynol (防災) (1969)</p> <p>○海島繊維 (1969) 東レ</p> <p>○各種割織糸 (1969)</p> <p>○ D T Y (1969)</p> <p>○Bobtex (1969)</p>	<p>○ニクソン ショック (1970~1971)</p> <p>○第1次石油ショック(1973)</p> <p>○レーヨン閉鎖(1971~1972)</p> <p>○ナイロン・スパンデックス 生産</p> <p>○ナイロン⇨エステル転換 ○P E T ⇨ P O Y - D T Y</p> <p>○Fiber A. B (1970) アラミド Du Pont</p> <p>○導電糸 (1970) I C I</p> <p>○人工スエード (1970) 東レ</p> <p>○Rotofil (1970) Du Pont</p> <p>○アントロンIII (1972) Du Pont</p> <p>○キアナ (1972) 鐘紡提携</p> <p>○カチオン可染ポリエステル (1973)</p> <p>○防災糸ハイム (1972) 東洋 アンフラ(1972)東レ</p> <p>○全芳香族ポリアミド</p> <p>○無機繊維</p> <p>○Out-Draw (1971)</p> <p>○DMT⇨TPA 転換</p> <p>○POY-In Draw (1973)</p>	<p>○市況変革 原料不足・原料高・製品安</p> <p>○差別化・多様化</p> <p>○用途拡大模索</p> <p>○スパンライク糸 (1975)</p> <p>○TPA第2ヘンケル法 (1976) ローマ・ブーラン</p> <p>○超極細糸 (1976)</p> <p>○空気混織糸 (1976)</p> <p>○塩基可染 P O Y (1977) モンサント</p> <p>○キャリヤフ糸 (1977)</p> <p>○カーボン含有導電糸(1979)</p> <p>○ポリエステル異収縮混織糸 (1979)</p>
		<p>○汎用基本商品展開 靴下, タフタ, トリコット</p> <p>○イタリア式燃糸機によるナイ ロン加工糸 (1950~1965)</p> <p>○アクリル パルキ糸 (1957~1960)</p>	<p>○用途拡大</p> <p>○各種加工糸</p>	<p>○デシン (1960~)</p> <p>○シルキ織物 (1960~)</p> <p>○エラス織物 (1963~1967)</p> <p>○仮燃加工糸ブーム (1963~1969)</p> <p>○タイヤ コード (1964~)</p>	<p>○加工糸ダブル ネット ブー ム (1965~1969)</p> <p>○三角異形断面糸のシルキ織 物 (1965~)</p> <p>○同上シルキ小型合織 (1968~)</p> <p>○加工糸風合織物 (1967~)</p> <p>○シームレス ストッキング</p> <p>○産業資材 (1965~)</p>	<p>○POY&・DTY 転換</p> <p>○BCFカーベット</p> <p>○ジョーゼット ブーム (1973~1979)</p> <p>○ニット ブーム第2期 (1972~1974)</p> <p>○パンティ ストッキング (1973~1975)</p>	<p>○起毛織物ブーム</p> <p>○ベロア調編織物</p> <p>○人工スエード ブーム</p> <p>○シルキ織物</p> <p>○スパンライク織物</p> <p>○麻ライク織物</p> <p>○産業資材</p> <p>○家庭資材雑品</p>

別表1-2 溶融紡糸にかかわる技術のシテューエーション

1674 ~ 1944	1945 ~ 1949	1950 ~ 1954	1955 ~ 1959	1960 ~ 1964	1965 ~ 1969	1970 ~ 1974	1975 ~ 1969
合成繊維創生期		工業化技術構築期		高度成長期 (大量・高生産技術)		転換期 (合理化・省力化技術)	
○溶融格子法 (1938) A P 2253176 De Witt Graves ○ポンプ De Witt Graves (1938) AP 2278875 ○フィルタ De Witt Graves (1938) AP 2266363 ○イタリ式撚糸機による 加工糸 (1932) Heberlein 社 ○レーヨンHelanca 生産 (1935) ○仮撚法 (1935)	○溶融紡糸 Melt Grid (溶融格子法) PIV変速, ライン シャフト駆動 ○延 伸 ディファレンシャル巻取り, 300~500 g 巻	○熱延伸法 (B P 536197) ○イタリ式撚糸機による加工 糸 (1950) ○エア ジェット法 (1951) ○賦型法 (1951)	○Extruder 法導入 (1957) ○溶融格子 (1956) Zimmer 式 Nawrath, DAS 1118394 (1955) Ludiwig, DWP 14486 (1958) Hourne ○スピ ン ヘッド (1951) Herold DWP4223 ○口金 (ノズル) (1955) Ludewing DWP 29467 ○Extruder (1957) Beck (1959) Jakobi ○高速紡糸法 (紡速3000m/min 以上) (1956) 特公昭31-6767 ○パラレル ワインド ○ディファレンシャル ワ イ ンド 1 kg 巻 ○熱収縮率ダウン (1955) 特公昭30-3165, 31-4763 ○トランスファ テール(1958) 実公昭33-20307 ○分繊糸 (1959) 特公昭34-9403 ○仮撚加工糸生産 (1955) ○各種加工糸 ○フリクション仮撚糸 (1955) ○ケンネル法加工糸 (1957)	○Extruder 法の普及 ○紡糸ライン(吹付~巻取り) (1963) H. Klare (1963) 複式 H. Klare (1963) オイリング H. Klare ○紡糸巻取の高速ラージ化 1 500m/min, 8 kg 巻 ○三角断面糸 (1961) 特公昭36-20770 ○サイド バイ サイド自己巻 縮糸(1963)特公昭38-1024 ○Extruder (1961) Schenkel (1962) Rodenacker -Werkstatt Technik ○インターレース (1961) 特公昭36-12230 ○低熱収糸 (延伸熱固定法) USP 2859472 実公昭38-7514 (60万rpm) ○仮撚機20~30m/min ○フリクション仮撚糸生産 (1962)	○Extruder 法主流化 ○インバータ駆動 ○Spi n-Draw (1969) 4000m/min Winder ○産業資材用太デニール用 Winder (1965) ○多糸紡糸 ○太デニール用延伸機(1967) ○高速Draw Twister (1969) 1 200m/min 二段延伸 3 kg 巻 ○Draw Winder ○バンスト用細デニール専用 加工機 (1969) ○2 段ヒータ仮撚加工機 (1967) ○太デニール加工機 (1967) ○リング撚機(合撚機)(1965) ○ダブル ツイスタ (1965)	○POY, DTY 生産 (1971~) ○高速Winder (1971~) ⇨高速紡糸 ○POYかSpin Drawの選択 ○Slippingless sensing Heated Godet (エルドマン方式) ○AD付延伸機 (1973) ○高速 Draw Twister (1973) 2 000m/min (18000rpm) ○In-Draw DTY(1973) 400m/min ○新機構加工機 (1971)	○POY普及 ○Ac, AD付高速Winder (1975) ○6 000m/min 高速Winder (1978) ○Spin-Draw-Texturing (1978) ○フリクション DTY(1975) 600~1 000m/min (1979)1 000~1 200m/min ○スパンライク加工機(1978) ○太デニールBCF (1978) 1 000~4 000m/min

3. 熔融紡糸技術

熔融紡糸技術は、あらかじめ合成重合成ったポリマチップ(チップ サイズ; 10~50 mm³)を直接原料として、熱熔融(0.2~0.5 φmm×N の細孔ノズルから強制加圧押出(吐出)させ、連続的に気体冷却させて糸状化(単糸繊維径の太いものは液体冷却)といったん巻取るか、連続して数倍に延伸して高次繊維構造を形成させることを基本としている。

伝統的には、ポリマ熔融→冷却巻取(未延伸糸)までの工程を紡糸、未延伸糸→延伸(長繊維または短繊維)までの工程を延伸といっている。

未延伸糸は、連続して延伸するのが理想的かも知れないが、紡糸巻取速度に比べ延伸倍率相当分だけ高速度に巻取れる技術がない限り不可能なことであって、このようなことは工業化初期頃はもとより、技術の進んだ現在でも難度の高い技術である。そのために、一般にはいったん未延伸糸を巻取って、あらためて別工程において低速供給しながら延伸する方法がとられる。

4. 熔融紡糸技術の工業的進展

熔融紡糸技術の進展は、(1)基本的工業生産技術の構築(1937~1959)、(2)拡大し続ける需要を満たすための生産拡大の技術(1960~1969)、(3)過飽和状態に近づいた需要の再喚起をねらった省略合理化、コスト低減の技術(1970~1979)、(4)差別化→多様化、特化技術(1977~)、への工業化ステージの変遷を経て、その間次々と新時代を先取りして新製品の提供をつづけ、飛躍的な技術の進展をみせてきた。表1は、その進展のステージおよび変遷、ならびに最終製品との関連を示す。別表1.1および1.2は合成繊維の工業化および製品化、技術的シチュエーションを示す。

5. 熔融紡糸の工業技術とその構築(1937~1959)

この技術は、ナイロン、ポリエステルなどに代表されるような比較的熱安定性にすぐれたポリマを繊維化するのに適し、基本的には合成ポリマ(チップ化して原料ストック)を加熱熔融して流動状態にし細孔から空气中に吐出させ、均一に連続固化させ細い線状に仕上げる。この場合、熔融する際にポリマが微妙に変化して、得られる繊維の性能、安定操業に支障をきたすことがあるので、技術上いろいろ配慮される。例えば、熔融ポリマに水分を含むと、ポリマの熱分解、重合度変化→熔融粘度(粘性)、流動変化、吐出量変化、ひいては安定操業性、繊維径むらなどに影響を及ぼすので、充分乾燥して水分を除去し、微量の水分まで一定に管理しながら酸素等の分

解を促す物質との反応をさけ、過度に温度を上げないように高精度の温度制御を行い、高温に晒す時間(熔融後の高温滞留時間)を極力短縮化するような技術的方策がとられる。

チップの熔融は、工業化初期には金属性じや管の中に加熱媒体を通して表面を高温にして、その上にチップポリマをのせ熔融化したポリマを逐次ポリマ溜に落とし込む方式(熔融格子法)が適用された。ポリマ溜の融化ポリマは、次にギアポンプで加圧され定量ギアポンプで圧送し細かいメッシュの金網およびサンドフィルタの組込まれた汜過部を経て0.2~0.5 φmm程度の細孔ノズル群より空气中に吐出させ強制的に冷却空気を吹付けて均一固化させながら糸条を形成させ同糸条が走行中に外乱雰囲気 airflow でゆれないように、また紡糸過程の歪みを緩和させたり、適度な水分調整、などを意図して紡糸筒に導き次に平滑性と制電性を目的に繊維仕上油剤(繊維編、加工糸、産業資材、など用途に応じて油剤成分、組成、付着量、を使い分ける)を付して集束させ→一對のゴデットローラを駆使して定速引取りを行って、巻取機でパッケージに収納する。この巻取ったままの繊維は、実用に耐える繊維構造(分子配向、結晶構造)を持たない、いわゆる未延伸糸であり、数倍に延伸して実用に耐える繊維に仕上げる。

未延伸糸は、単糸の太さむらおよび長さ不ぞろい(ループ、ひきつれ)、単糸切断(毛羽)などのない均一性の保証されるものであることが基本となる。この均一な未延伸糸を工業的にいかに得るかに、熔融紡糸技術の歴史が刻まれてきたといってもよいかも知れない。未延伸糸を得るまでの工程で重要なことは、欠点のない未延伸糸を(綾乱れ、端面耳部上りのない)きれいなパッケージに、作業員の負担少なく、仕上げることである。パッケージが理想的に仕上げられない場合には、次の延伸工程において、毛羽、糸切れなどを起して操業安定性を欠くばかりでなく、高品位の延伸糸を期待できない。なお、短繊維を製造する場合には、多錘分をゴデットローラ以降集めて束状(トウ)とし、いったんケンスに収納し、次にこれらケンスを複数集め、数万~数百万D*のトウ供給→延伸熱処理、機械巻縮、短繊維化またはトウのまま仕上げる(*D=デニール(織度))。

以上に述べる繊維化技術は、例えていえば、グラム相当のポリマ(アルミ硬貨1枚→1g)からkmの素線(9km/g→1d)に変換し、その上に、ひきつり、ゆるみ、切断もなく1本の繊維束に仕上げるような技術であって、そのむずかしさがはかり知れよう。

合成繊維がはじめて工業化された頃は、加熱および冷却等の温度制御技術に信頼性を欠き、錘ごとの駆動伝達系にラインシャフト、PIV 変速システムが使われた

ここで一つの注目すべきことは、加工糸技術が延伸技術の速度レベルにまで達するようになって、両工程の連続化が可能となり、このことが刺激となって延伸⇨加工糸、加工糸⇨延伸、のいわゆる DTY として革新技術に発展(1971年～)する。かくして2つの工程が連続化されたことで、工程の省略をも可能となり、労務原単位、ポリマ原単位、エネルギー原単位⇨製造コストの低減、品質グレードの向上を可能にした。

この DTY が契機となって、DTY 供給糸として、高配向未延伸糸、いわゆる POY が工業的に提供されるようになる。POY は基本的には紡糸速度を従来 1 000~1 500 m/min レベル⇨ 3 000 m/min 以上に速めることで得られる。

この POY, DTY 技術をさらに発展させて、紡糸⇨延伸⇨加工糸(Spin—Draw—Texture)の連続化を可能にし、BCF(カーペット用太デニール加工糸)の工業生産に使われるようになってきた。

6. 各論としての溶融紡糸巻取機の進展

溶融紡糸は、巻取機の進展によって際限ないほどに高速化され、高生産を可能にした。図2、表2は国際繊維機械展で公開された巻取機についてまとめたものである。

工業生産に使える巻取機は1960年までに一応の完成をみて、その後太デニール(タイヤコード、産業資材(1960~1969))⇨600 m/min、衣料用⇨1 500 m/min のものが工業的に定着し、現在でも陳腐化することもなく適用されている。

巻取機の開発は1960年以降白熱を帯び、高性能、高速

化が精力的に進められたわけであるが、工業化の基調としては高生産拡大生産を唱える時代要請あつての進展があつたわけで、過渡的に 3 000 m/min を経て1969年以降 3 500~4 000 m/min (PET—POY 用)に定着してきた。この高速化はさらに進み、1978年以降 6 000

表2 溶融紡糸の工業化技術進歩

(図2参照)

溶融紡糸の工業化技術ステージ

	対象糸	処理速度 (m/min)	年次
I	太デニール (タイヤコード) (産業資材)	600	1960~1971
II	通常未延伸糸	1 500	1960~1971
III	Semi-poy	2 700~3 000	1969~1978
IV	POY* Spin Draw*	3 500~4 000	1969~1978
V	S-POY	6 000	1978~

注) * A C付

I. 太デニール** (タイヤコード、産業資材)

①1	1965	Leesona 955	540	太デニール20kg巻 太デニール 3 000d 4, 8, 16山取り
①2	1967	Barmag	600	
①3	1971	Leesona 989	360	
①4	1971	Bermag EKS3 KS 21	600	
①5	1971	Leesona 864	900	
①6	1971	Textima Geoze Sahm (250) Muschump (100) (105) Loveshaw (200)		

注) ** テキスタイル デニールは1960までに開発終了

II. 通常未延伸糸

②1	1965	IWKA	1500	多山取り
	1965	Marzoli NB	1500	太デニール
②2	1967	Lieter H5/3	1400	2 000d未延伸糸 12kg巻
②3	1971	Torri TS-70-8	1200	4 000d
②4	1971	Marzoli NCB/1	1500	
③1	1965	Leesona 959	1800	4山取り
③2	1967	Barmag KS13	1800	

III. Semi-POY

④1	1969	Whitin (Package Master)	2 700
	1969	Fairbairn Lawson	2 700
④2	1973	Leesona 968	2 800
④3	1979	Rieter J7/A3	3 000

図2 溶融紡糸の工業化技術進歩(表2参照)

④ ₄	1979	Neumag RK-I*	3 000	A C
		RK-II*	3 000	A C
		Lieter J7/A3	3 000	A C
		J7/A2	3 000	A C
		Barmag SW4R	3 000	A C
		Leesona 961	1 800	A C
		I WKA EFAW320	3 000	A C

注) *スピンドル ドライブ

IV₁. POYおよびSpin Draw Y

⑤ ₁	1969	Leesona 962	3 600	A c
		Northrop NC-12	3 600	
		Industrie-werke	3 600	
⑤ ₂	1971	Leesona 962	3 600	A c
⑤ ₃	1973	Zinzer 585/4	3 600	
⑤ ₄	1975	Leesona 969	3 600	
		Zinger 585/4	3 600	A c
⑤ ₅	1978	東レエンジTW552RA	3 500	
⑤ ₆	1979	東レエンジTW552RA *	3 500	

IV₂. POYおよびSpin Draw Y

⑥ ₁	1971	Barmag SW4	4 000	A c
		SW4R	"	
⑥ ₂	1973	Alucolor DSG-4000	4 000	A c
		Neumag NS	4 000	
		HS	"	
		Whitin 404	4 000	
⑥ ₃	1975	Alucolor DSG-4000	4 000	A c
		Barmag SW4SD	4 000	
		4RD	4 000	
		Leesona 780	4 000	A c
		村田機械 712	4 000	
		Neumag 720	4 000	
		Rieter J7/G	4 000	A c
		J7/9	4 000	
		帝人製機 AW-ST	4 000	
		AW-16TL	"	A c
⑥ ₄	1976	Utita M95L-2	4 000	A c
		Cognetex	4 000	
		Green Bank	4 000	
		帝人製機AW-12TM	4 000	
		村田機械 712	4 000	
⑥ ₅	1978	東レ TW-302	4 000	A c
		TW310	"	
⑥ ₆	1979	Alucolor DSG 4000	4 000	A c
		Barmag SW4	4 000	
		IWKA FEZ410-3	4 000	
		村田機械 712	4 000	
		" 720	4 000	
⑥ ₆		東レエンジTW-555RA*/P	4 000	A c
		帝人製機 MW-10DS	4 000	
		AW-	4 000	
⑥ ₇		Cognetex BDC45	4 500	A c
		東レエンジ TW-330	4 500	
⑦ ₂		ARCT SC-1	4 800	

V. S-POY

⑦ ₁	1973	AR RB600	5 000
⑧ ₁	1978	Barmag SW46S	6 000
		IWK EFS620V	6 000
		Rieter J7/H	6 000
⑧ ₂	1979	AR 456	6 000
		東レエンジ TW-601 *	6 000
		Barmag SW46S	6 000
		IWKA FEZ610-3	6 000
		Rieter J7/H	6 000
		Alucolor DSG4006	6 000
		IWKA ER610*-3	6 000
		ER610*-4	"

注) *スピンドル ドライブ

表3 各種紡糸レベル

方 法	紡 速 (m/min)
湿 式 紡 糸	80~150
乾 式 紡 糸	200~800
溶 融 紡 糸	1 500~4 000 (400~6 000)
Spun Bond	450~6 500
ガラス 繊維	
{ フィラメント	2 000~4 000
{ マ ッ ト	9 000~12 000

出所) E. Welfers; Melliand Textilber., 507, 584
(1974-6)

m/min レベルのものが公表されるに及び、開発ステージは 6 000⇔8 000 m/min に移っており、今後の工業的な定着が期待される。

このような高速巻取機は、いずれも溶融紡糸技術を対象としており、このことから推しても溶融紡糸技術の高速適性がうかがい知れよう。表3は紡糸システムの違いによる速度レベルの比較を示したものである。

7. 延伸および加工糸の進展

未延伸糸は、そのままの状態では繊維構造をもたず実用に耐える性能を有しないので、数倍に延伸して分子配向を高め高次の繊維構造を形成させて実用的な繊維に仕上げる。この場合、長繊維（フィラメント）、短繊維（ステープル）のいずれに仕上げるかによって、紡糸および延伸に、著しく違う方法が適用される。

フィラメントの延伸は、未延伸糸を一对のローラ間で数倍に引伸ばすだけのことで得られるが、衣料用ナイロンのように常温状態で行うものと、ポリエステルのように加熱状態（90℃～100℃）で行うもの、タイヤコードや産業資材用のように高強度かつ低伸度で熱的寸法安定性のよいものを得るために、2、3段の高倍延伸後さらに最終段で熱リラックスを施すもの、など用途に応じて工夫をこらす必要もある。

延伸された繊維は、一般に10数回/mの燃りを加えながらリング式巻取りを行い、パーンに仕上げる。この燃りは原糸燃りともいわれ、単糸間の集束を付与するのが目的で、この燃りの存在によってパーンからの解じょがスムーズになり、毛羽発生を未然に防ぎ、ハンドリング性により効果をもたらすなど、きわめて重要なものである。しかし、燃りを入れて巻取るためには、巻取ボビンを高回転させる高度な機械技術が必要であり、工業化の初期では高々 3 000 rpm、巻取量も小さく (数 100 g 巻)、巻取速度はほぼ 200~300 m/min 程度と推される。最近では、太デニールのものゝ巻取量 6 kg、速度 600~700 m/min、衣料用 (比較的細デニール) のものゝ 3 kg、1 200~1 500 m/min、といった高速かつラージ巻きのリング式有燃巻取りが可能となつて、生産性としては初期の10倍にも達した。初期のニクロム線 on-off 加熱に替つて、誘導 (誘電) 加熱、液封熱媒加熱、さらには IC 化による高精度の温度制御システム、高感度の温度センサによる温度モニタ システム、など一連の温度コントロール技術の著しい進展は、鍾ごとの温度ばらつき、および長期操業にわたる極微から長短時を含めての温度ばらつきを糸むらを一扫するのに大いに寄与している。さらには、あらゆる制御系の故障率が桁違いに減り、安定操業が確保できるようになってきている。

図 3、表 4 は、国際繊維機械展で公開の延伸機についてのまとめである。延伸機としての基本構築は、すでに衣料糸を対象にして1960年頃までにはすんでいとみてよく、その後はタイヤ コード、産業資材用の太デニール対象の延伸技術 (1961~1971)、衣料用デニールの高

表 4 延伸技術の進歩
(図 3 参照)

延伸技術^{注)}ステージ

	対 象 糸	処理速度 (m/min)	年 次
I	太デニール	600~700	1961~1971
II	Reg 延伸糸	1 000~1 500 (1 200)	1961~1971
III	高速延伸** (DT・DW)	2 000~2 500	1967~1971

注) ** ラージ巻, AD
未延伸の糸および、延伸糸の用途特性に応じて、冷延伸法、熱延伸法、熱処理の有無など使い分ける。

I. 太デニール (タイヤ コード、産業資材)

① ₁	1965	Saco-Lowell	HDT3	610	5.4	
① ₂	1967	Dobson	HDT3	610	5.4	2 000d
	↓	Zinzer	550	600	6~7	4 000d
②	1967	Barmag	SZ8	700	4~5	2 000d
	↓	Barmag	SZ8 (Draw winder)	700	6	3 000d

II. 通常延伸

③ ₁	1965	Marzoli	NS	1 000	3 kg
③ ₂	1967	Rieter	J5/10	1 000	3 kg
④ ₁	1965	Barmag		1 200	2.2kg
④ ₂	1967	Barmag	SZ16	1 200	
	↓	Marzoli	NS2	1 200	
④ ₃	1971	Sant Andrea Novara	ST/180	1 200	9½ lb
	↓	Zinzer	JS/10A	1 200	ウエスト巻
	↓	Marzoli	JS/10A	1 200	
	↓	Marzoli	NS	1 200	6½ lb
	↓	Barmag	SZ16	1 200	7¼ lb
	↓	Platt	MDT6	1 200	7½ lb
⑤	1971	Textinm	3010	1 300	6½ lb
⑥	1969	Saco-Lowell	CFM-2T	1 500	

III. 高速延伸

⑦ ₁	1967	Barmag	SW7 (Draw Winder)	2 500	6 kg	AD
⑦ ₂	1973	Zinzer	519/1	2 000		
	↓	"	519/2	2 000		
		Cognetex	STP18			

注) ** レンターレース技術

図 3 延伸技術の進歩 (表 4 参照)

速延伸技術 (1965~1971)、等に進展がみられるが、1970年代に入ってから、POY、DTY に代表されるように延伸工程の省略が取上げられるようになってきたため、その後は際立った進展はない。しかし、延伸技術が現在においても工業生産の主流工程であることには変りない。

ところで、延伸技術のもう一つの流れとして、伝統的な有燃巻取りに替えて無燃のまま巻取る方向での進展が

みられ、有燃延伸に比べ2倍以上の延伸速度（2 000 ないし 2 500 m/min）の高速化、巻取収容量のラージ化（例えば6 kg巻き）を可能にし、タイヤコードおよび産業資材用等の太デニール、織物緯糸専用糸、などの延伸に適用（1967～1973）されるようになり、現在に受継がれてきている。この延伸機は、ドロー ツィスタ（有燃延伸機）に対して、ドロー ワインダ（無燃延伸機）と称する。まったくの無燃糸は、解じよする場合に繊維束単糸の遊離、毛羽、糸切れなどを誘発し、実用に欠ける。この難題をみごとに解決したのが、繊維束の自己交絡、いわゆるインターレースといわれるエア ジェット技術である。具体的には、低張力ゾーンで走行繊維束に斜直交ジェット噴射流を当てて単糸間交絡を与えるもので、数10個/mの交絡度を付加してチーズ巻取り（無燃）を行う。この技術は、無燃巻取→高速を本領とするあらゆる繊維技術に不可欠なものになっている。

紡糸および延伸技術（無燃延伸）が進展して、高速化が可能になったことで、紡糸工程に直結して延伸を行う方法も一部工業化されるようになる。この方法はスピンドロー法として知られ、主に産業資材用の太デニールに適用されている。しかし、衣料用の比較的細デニールでは、製造コストが高つくため、普及していない。

延伸糸は、伝統的に原糸と呼ばれて、そのまま編織物に適用され、また典型的には仮燃加工などのように糸加工を経てから適用されたりする。合成繊維の糸加工は、仮燃加工に代表されるわけであるが、その歴史は、合成繊維よりも古く、イタリ式燃糸機による加工糸の工業化

表5 加工糸技術およびD T Y技術の進歩
(図4 参照)

加工糸技術およびD T Y技術ステージ

	対 象 手 段	処理速度 (<i>m/min</i>)	年 次
I	(60)マグネットSP	① 120～150 ② 180～200	1965～1973
II	(80)マグネットSP	300～400	1965～1975
III	フリクシ ョ ン	500～600 (700)	1965～1978
IV	フリクシ ョ ン	800 (900)	1971～1978
V	フリクシ ョ ン, 他	1 000	1971～1978
VI	ス タ ッ プ ア	1 200～1 500	1975～1978
	S D T (B C F)	2 400～4 000	1978
VII	エ ア ジ ェ ッ ト	1 000～4 000	1970

I. マグネット スピンドル**(60×10⁴)

① ₁	1965 ↓	Leesona Sotexa	555 ET12	128(34.5) (40)
① ₂	1967 ↓	Leesona 三 菱 重 工 日本スピンドル 東 芝 機 械	555 LS-6, ST-6 HN-7D F 100	128 (50) 120 (40) 120 (40) 120 (40)
① ₃	1969	Leesona	570	128 (50)
① ₄	1967	Scragg	CS-12-600	140 (60)
① ₅	1971	Leesona 三 菱 重 工	556-D AD-200	128 (50) 150
① ₆	1973	Heberlein	FZ-27	150 (60)
② ₁	1965	ARCT	FT411	180 (40)
② ₂	1967	"	FT420B	180 (60)
		"	FTF440B	180 (60)
② ₃	1969	"	FTF440B	180 (60)
② ₄	1971	"	FT480	180 (60)
	1967	Bermag	FK-4C	185 (60)
③ ₁	1967	Berliner	SFD	195 (60)
③ ₂	1769	UTex	(タスラン)	180
③ ₃	1971	Scragg	Super-S2	180 (60)
	↓	Giudici	TG4U/72	100 (60)

注) ** 工業化初期スピンドル回転数 3～4 万rpm

II. マグネット スピンドル (80×10⁴) 400 m/min

④ ₁	1967	Bermag	FK-4S	350 (60)
④ ₂	1969	Bermag	FK-4S	350 (60)
⑤ ₁	1971 ↓	Bermag Scragg	FK-5 Supers-S2	400 (80) 400 (80)
⑤ ₂	1973 ↓	Bermag ARCT Giudici	FK5CS FTF483 TG4F/2	400 (80) 400 (80) 400 (80)

図4 加工糸(仮燃)技術およびD T Y技術の進歩
(表5 参照)

III. D T Y

フリクション仮燃 (500 m/min)

⑥	1971	Russian Organ	V/O	450	スタッフア
⑦ ₁	1967	富士軽機	FL-8A	500	フリクション
		Heberlein	FZ-31	500	(60)
		Sotexa	FT-18	500	フリクション
		Dobson	Crimposet (9813)	500	スタッフア
⑦ ₂	1969	Heberlein	Auto twist	500	ケンネル
		Turbo	Duo twist	500	ケンネル
		Sotexa	SW-16	500	フリクション
		Spinner	156VK	500	フリクション
		Dobson	(983)	500	スタッフア
		Techni cervice	Tycora	500	スタッフア
		T M W	C. B Tex	500	ニットデニット
⑦ ₃	1971	Platt Platt	Crimposet Mark III	500	スタッフア
		Spinner	156VK	500	フリクション
		Turbo	Uu itwist	500	フリクション
		Heberlein	FZ-21	500	フリクション
		US Textile	Utex 500	450	タスラン
⑦	1972	Sotexa	SW-16	500	フリクション
		Berliner	TS500	500	フリクション

III.2. D T Y

フリクション仮燃 (600~700 m/min)

⑧ ₁	1967	Spinner	156VK	600	フリクション
		D G F	TG4/3	600	フリクション
⑧ ₂	1969	Spinner	156VK	600	フリクション
⑧ ₃	1971	Spinner	156VK	600	フリクション
		Kringer	MK4	600	スタッフア
⑧ ₄	1973	三菱重工	AB300	600	ジェット
⑧ ₅	1975	A R C T	FTF483	600	フリクション
		D G F	TG4F/3	600	フリクション
		Heberlein	FZ-42	600	フリクション
		村田機械	No333	600	エタービン
		R P R	35D/2	600	フリクション
		Barmag	FK-6C	600	フリクション
		三菱重工	AB-300	600	ジェット
		Rovagnate	FAMAM-F/75	600	フリクション
⑧ ₆	1976	石川製作	石川 F F	600	フリクション
		村田機械	No333	600	エタービン
⑧ ₇	1978	Giudici	TG4F/3	600	フリクション
⑨ ₁	1975	Scrugg	SDS7	700	フリクション
		Cognetex	STC	700	フリクション
⑨ ₂	1976	Scrugg	S-DS8	700	フリクション

IV. フリクション D T Y (800 m/min)

⑩ ₁	1971	Hacoba	H B	800	バルキング
⑩ ₂	1973	Sotexa	FT40	800	フリクション
		Spinner	160VK-UTS/A	800	フリクション
⑩ ₃	1975	Spinner	160VK-ST/A	800	フリクション
		Sotexa	FT41	800	フリクション
⑩ ₄	1978	Heberlein	Unitex-800	800	フリクション
⑪ ₁	1978	Barmag	FK6 UF-900	900	フリクション
		"	FK6 LF-900	900	フリクション
		Scrugg	SDS8	900	フリクション
⑪ ₂	1979	Giudici	TG-10	900	

V. フリクション D T Y (1 000 m/min)

⑫ ₁	1971	Textima	1023	1 000	Uチューブ
⑫ ₂	1975	Zinzer	576	1 000	フリクション
⑫ ₃	1978	A R C T	FTF90	1 000	フリクション
		Rieter	J8/21	1 000	フリクション
		Sahm	(SSC)	1 000	スタッフア
⑫ ₄	1978	A R C T	FTF90	1 000	フリクション
			FTF-1000	1 000	フリクション
		Scrugg	SDS-8	1 000	フリクション
			DCS-1000	1 000	フリクション
		村田機械	Mach Crimper 333-II	1 000	ベルト ニップ (フリクション)
		Marzoli	SAE	1 000	フリクション
⑭ _A	1979	Barmag	FK-6M-80	1 200	フリクション
		Rieter	J8/21	1 200	フリクション

VI. B C F (Spin Draw Texture)

⑬	1971	Eugen Hirschberger		1 200	バルキング
⑭ ₁	1975	Sahm	(SSC)	1 200	スタッフア
⑭ ₂	1978	Berliner	LB	1 200	エア ジェット
⑮	1978	Textured Yarn	(Techtex)	1 500	スタッフア
⑯	1978	Bouligny	582	2 400	エア スタッフア
⑰ ₁	1978	Barmag	Speetex (SPM-25)	2 500	エア スタッフア
		Rieter	JU/10	3 000	エア スタッフア
⑰ ₂	1978		BASF Sonic Cascade		
⑰ ₃	1975	Neumag	Pneutex	4 000	エア スタッフア
⑰ ₄	1979	Lieter	JO/10	3 000	エア スタッフア
			JO/1	3 000	エア スタッフア
⑰ ₅		Neumag	NPT-2000/6	2 500	エア スタッフア
			NPT-2500/6	2 500	エア スタッフア
		Barmag	STM-25/4	2 500	エア スタッフア

VII. スパンライク加工機

⑱ _A	1979	Barmag	FK-6T-80	1 000	エア ジェット (Du pont タスラン)
⑱ ₂		Enterprise	Side Winder	1 000	エア ジェット
		ELTEX	AT-HS	600	エア ジェット
		MATIE	Fibee M	4 000	スチーム ジェット
⑱ ₃		SAHM	Super Speed Crimper	1 500	スタッフア

にはじまり、仮燃加工およびその高速化、エア ジェット加工系へと驚異の速さでステージを移し、その間に技術陳腐の激しい歩みをみせた。

図4、表5は加工系技術の進展を示したもので、マグネットスピンドルの仮燃加工 (1965~1975) (速度 100~400 m/min)、フリクション仮燃加工 (1965~1980) (速度 500~1 000 m/min)、太デニール BCF 加工 (1975~1980) (速度 1 200~4 000 m/min)、が特に注目

される。

8. 生産銘柄の進展

拡大生産態勢が整うにつれて、糸加工技術が開花し、編織物への展開によって靴下、パンティ ストッキングをはじめ、ダブル ニットを中心とするいわゆるニット ベーション、エラスチック織物、風合い織物、デシン、パレス、ジョーゼット、クレープ、楊柳などの薄地しば織物、シルキ織物、シャンタン、紬などの各種ファンシー調織物、スエード調布帛、高級獣毛調起毛織物、など新規製品開拓を次々と手がけ限りない多様化に進み、繊維素材としてのバリエーション（1960～1979）が本格化する。その代表的なものについて述べる。

各種異形断面糸（主として紡糸ノズル孔形状と冷却固化の工夫によって三角～八角断面、中空断面、異形中空断面、等各種のもの）、異種ポリマのブレンド糸、異種ポリマのノズル内異相混合各種複合断面糸（相容性異収縮ポリマのサイド バイ サイド断面のもの、非相容性ポリマの異相混合紡糸⇨割繊化して極細繊維または混繊糸に供するもの）、海島状断面糸（非晶性成分を海成分、結晶性成分を多島成分、とする海島状断面糸⇨不織布、織物後に起毛、海成分溶解してスエード調布帛素材に供するもの）、各種混繊糸（シルキ調織物の頂天素材として評価を受けているもの、染色性の違いを利用して色の深みを提出するもの）、などは代表に挙げられよう。

もう一つの進展が、薬剤や無機有機物質をポリマに添加したり、共重合したりして繊維を改質しようとする方向で進んでおり、制電性糸、導電性糸、易染難染糸（異染糸、混繊異染糸）、難燃・防災・防融糸、吸湿性糸、などが注目されてきており将来への期待が大きい。

9. 合理化省力化技術への進展（1970～）

かくして次々に新しい製品を創造し、ブームをクリエートしつつ急成長を遂げた合成繊維業界にもやがて好むと好まざるとにかかわらず、拡大過当競争の国際的な渦中に漂う苦難期が到来した。まずは米国の繊維製品輸入

規制に端を発し、数次に及ぶオイル ショック（原料高製品安）、購売意欲の低落、東南アジア新勢力グループの国際市場参入、などの諸因子が重なって混乱の様相が深刻化した。この苦境脱出の目玉として、省力化合理化による製造コスト ダウンに期待がつながれる。

その本命技術が高速紡糸⇨実質的に延伸工程省略の延伸仮燃同時処理、いわゆる POY⇨DTY 技術である。従来の伝統的な方法からこの革新技術への転換は着実に進んでいる。かくして合理化技術のレールが敷かれたことによって、さらに人力の省力化（高速巻取機の自動切換えおよびドフピング技術）も飛躍的に進展した。この合理化はもちろんポリマ製造面からも進められ、DMT 重合法に替って PTA 直接重合法、反応を工程ごとと断続的に進めるバッチ重合法に替って連続重合法、さらには重合から繊維化までの全工程直結の、いわゆる直接連続重合直接紡糸法（ポリエステル短繊維）、などの合理化技術が著しく進展し、製造コストの引下げに成功し、繊維化の安定操業および高品質の糸が提供できるようになってきている。

10. まとめ

熔融紡糸の要となっている巻収収納技術は、伝統的技術の延長線上での極に登り詰めている。少なくともこれまでのような飛躍は期待できないわけで、明日への技術進展は省力自動化、低エネルギー化、差別化（特化）された糸を低コストに得るようなアプローチ、に向けて精力的に進められるように思われてならない。特に複数の工程を連続一元化することの工業化技術は、省力化のみならず製品原単位低減（製品コストの低減化）に寄与するところが大きく、将来ますます重要性が増していくように推される。

なお本稿は、本学会第32回年次大会課題講演（昭和54年6月14日）で述べた内容をもとに、その後の進展を踏えて補筆したものである。本稿が、合成繊維、特に熔融紡糸にかかわる繊維製造技術の進展を知る上で、なんらかの参考になれば幸いである。