易染性ポリエステルとその染色性*

現在の動向と将来

会 員 石 崎 舜 三**

〃 峯 村 勲 弘**

展 望

1. はじめに

近年、常圧カチオン可染型ポリエステル繊維が話題になっている。“メルトップ”（帝人），“ルミレット”（東レ），“カラファイン”（東洋紡），“ファイナロン”（クラレ）等々、各社それぞれに特長のあるタイプを開発し、商品展開が活発化している¹⁾。中でも短繊維によるウール混分野の開発が先行しており、来シーズンにかけて秋冬商品として各社からかなりの数量が市場に出回ると予想される。昭和33年我国でポリエステル繊維が生産開始されて以来、その優れた性能を武器に着実に生産量を伸ばしており、図1に示すごとく合成繊維のうちでは最高の成長率を示している。開発当時その難染性は衣料用途に展開するに当たって重欠点として認識されていた

図1 日本の主要合繊および天然繊維の年度別生産量（化繊ハンドブックより）

が、分散染料の改良および高圧染色法など染色技術のレベルアップによりその難点も克服され、さらにカチオン可染型の開発により、色彩的にも幅が広がり、今後最も成長が期待できる合繊として位置づけられるようになった。今この段階でなぜ染色性改善技術がクローズアップされているのであろうか。本稿では歴史的背景を踏まえて、ポリエステル繊維易染化技術の現状および今後の方向を考察してみたい。

2. ポリエステル繊維の長所と欠点

易染性ポリエステル繊維の動向について述べる前に、ポリエステル繊維の衣料用途における長所と欠点について触れておく。まず長所としてはつぎのような点があげられる。

(1)ヤング率が高く、弾性回復、形態安定性が優れているので、製品は形くずれせず、しわになりにくく、こしがあり、プリーツ保持性もよい。

(2)吸湿性が低いために速乾性であり、いわゆるウォッシュアンドウェア性に優れている。

(3)耐熱性が高く、実用温度範囲での性能変化はほとんどない。

(4)強度が高く、耐摩耗性も優れている。

このような長所は、その分子構造と深いかわり合いがある。すなわちポリエステルテレフタレートは、分子鎖中にテレフタロイル基を含み、これがきわめて固いため高融点を示す。また延伸、熱処理などで分子配向性を高めると、この基が対称中心を持つため結晶化が進み、緻密な内部構造となり、上記のごとき長所を生み出している²⁾。このような繊維構造は逆につぎのような欠点をもたらすことになる。

(1)難染性…繊維の構造が緻密なため、染料分子が

* Dyeable Polyester Fibers and their Dyeability—Recent Trends and Future.

** S. Ishizaki, N. Minemura, Members. 帝人 繊維加工研究所

拡散しにくく、また活性基がないためイオン性染料で染色できない。

(2)ピリング…織編物で毛玉がしやすい。繊維の強度大という長所が裏目に出ている。

(3)吸湿性…吸汗性が低く静電気が発生しやすい。これらの欠点を“改質”すべく、過去繊維メーカーでは多くの努力が払われてきた。しかしながら「欠点」の改良でその「長所」が大きく損なわれてはならない。つまり改質ポリエステルの場合、ポリエステルの持つ本質的な特長をできるだけ保持したまま、特定の用途のためにその欠点が改善されなくてはならないのである。

3. ポリエステル染色改良の経緯

ポリエステル繊維の難染性はその技術導入の当初は大きな問題であった。当時その解決策として

- ①高温・高圧染色法（浸染）
- ②キャリヤ染色法（浸染）
- ③サーモゾル染色法（連続染色，捺染）

の3法が提案されていた。

高温・高圧染色法とは100℃以上の高温下、ポリエステル繊維内部の非結晶領域における高分子鎖のメチレン基やフェニレン基の伸縮や回転などに基づく熱運動を活発にし、染料の繊維内拡散を容易にしようとするものである。しかしながら、技術導入当時は国内の染色工場には高圧染色機が存在しなかった。まず高圧染色技術を普及させることが合繊維メーカーの課題であった。指定工場を設定し、そこに高圧染色機を設置してその普及に努めた。このことが日本の染色工業の近代化に果たした役割は大きかった。一方、羊毛混紡や絹交織などの場合、羊毛、絹が耐熱性不良のため、キャリヤ染色が用いられた。キャリヤとは、ポリエステル繊維に親和性を有する低分子化合物で、100℃以下の温度で繊維内部に拡散して緻密な分子構造を緩め常圧下で染色可能ならしめるものである。当時は環境問題はそれほど深刻ではなく、工場内にキャリヤ臭が立ちこめていた。現在ではとても考えられないことである。

サーモゾル染色法は、Du Pont 社によって開発された連続染色法である。Du Pont 社が全世界で自由に実施を許したため、急速にその技術レベルが向上した。木綿織物のパッド スチーム法と組合わせたサーモゾル〜パッド スチーム プロセスは、ポリエステル/綿混シャツ地などの染色に現在でも盛んに用いられている。しかしながら常圧下キャリヤなしで染まるようにして欲しい、もっと鮮明に染まるようにして欲しいなど、ポリエステル繊維の易染

化に対するニーズはその用途が拡大するにつれて高まっていった。Du Pont 社のカチオン可染ポリエステルに関する基本特許（特公昭34—10497）に刺激され、各社はポリエステル繊維の易染化研究に注力した。その歴史を図2にモデル化して示した。歴史を大きく分類すると

図2 ポリエステル繊維易染化の歴史

- ①分散易染化時代
- ②イオン性染料可染化時代（Du Pont 社特許回避）
- ③カチオン可染化時代
- ④易染多様化時代

の4つになる。それぞれの開発事例を帝人の場合について図2に示した。

分散易染化時代は、帝人のテトロン T-89 以外に、東レのテトロン WA-7、東洋紡、クラレ、ユニチカがそれぞれ導入した改質ポリエステル繊維など多彩であったが、染色技術のレベルアップによりそのニーズが低下し期待されたほどには伸びなかった。

イオン性染料可染型については、易染化、鮮明化のニーズが高まったことおよび Du Pont 社に特許ライセンスの意志がなかったことから各社の開発競争となり、帝人のテトロン T-102、東洋紡のセレスなど酸性可染タイプも出現した。このタイプで後染め異色技術のメリットが確認され、つぎのカチオン可染時代への足がかりが作られたのである。

カチオン可染型については、Du Pont 社特許の有効期限が切れる1年前に、帝人、東レは同社より特許を導入し、いち早く企業化した。昭和48年のこ

とである。現在では後染め異色性、鮮明染色性、抗
ビル性などの特長が生かされて商品の多様化に貢献
している。しかしながら、このタイプは120℃の高
圧染色を必要としたため、ウール混ではウールの損
傷問題から、キャリヤ染色を余儀なくされた。しか
し、時代は環境汚染を許さなくなっていたため、ノ
ー キャリヤ、レス キャリヤへの要望は再び高まり、
これに応じて帝人ではレギュラ テトロンの特性を
残しかつ抗ビル性、染色性に優れたテترون短繊維
“シエイパー”を開発した。現在ウール混、綿混分
野で活用されている。しかしこの“シエイパー”は、
淡中色はノー キャリヤ、濃色ではレス キャリヤの
分散易染タイプであるため、鮮明性に限界があり、
用途展開上制約があった。この後に話題の常圧カチ
オン可染型ポリエステルが登場するわけであるが、
これについては後で詳しく述べることにする。

以上ポリエステル繊維易染化の歴史をたどってみ
たが、それぞれの時代の易染化に対するニーズは、
技術の進歩、社会情勢を反映して少しずつ変わってき
ている。その様子を表1に示した。

4. 染料タイプ別易染化技術

ポリエステル繊維の染色性改良に関する研究の歴
史は長く、多くの成果が特許などで発表されている。
染色性改善の目標はつぎの3つに大別される。

- (1)分散染料易染型 (染色温度低下、アセテート型)
- (2)カチオン染料可染型 (アクリル型)
- (3)酸性、含金染料可染型 (羊毛型)

4.1 分散染料易染型

100℃で濃色のみキャリヤを併用して染まるもの、
そしてキャリヤなしで濃色まで染まるものへと研究
が進められている。最近では省エネルギーの観点から
も注目されている。このタイプの改質技術にはつぎ
の3種類がある⁹⁾。

(イ)ポリマ分子構造の規則性を減少させたり、立体
障害のある基を導入したりして結晶化の進行を阻害
し、染料の入る非晶領域を増加させるもの。
(ロ)第2物質 (低分子、高分子) を混合して結晶化
を阻害するもの。

(ハ)延伸条件や熱処理条件を改良して非晶領域を増
加させたり、非晶領域内の分子凝集力を低下させたり
して染料を入りやすくするもの。
このタイプの1例を表2に示した⁹⁾。

図3は染色性のレベルが異なる各種分散易染ポリ
エステルについて分散染料の染色速度係数と脱着速
度係数の対応すなわち染色性と脱着性の関係をみた
ものである⁹⁾。改質の手段に関係なく、染色性の良
いものほど脱着速度が速い、すなわち湿潤堅牢度は
低下する傾向にある。このことから「染色性にすぐ

表1 ポリエステル繊維易染化に対するニーズと問題点の推移

年代	昭和36～45	昭和42～47	昭和48～	昭和56～
区分	分散易染化	イオン染料可染化	カチオン可染化	易染多様化
ニ ー ズ	○高压染色機不要 ○風合いソフト化 (ウール混)	○鮮明性向上 ○後染異色効果 ((Du Pont 特許) 回避)	○鮮明性向上 ○後染異色効果 ○抗ビル性	○ウール損傷少 (風合いソフト化) ○ノー キャリヤ (無公害) ○省エネルギー
問 題 点	○堅牢度不良 ○耐熱性不良	○コスト アップ ○耐光性不良	○耐アルカリ性不良 ○物性不良 (100%の展開に難)	

表2 分散染料易染型ポリエステル (例)

商 品 名	会 社	改 質 技 術	特 徴
Vyclon	Beaunit Mill	<div>HOOC COOH</div> <div>イソフタル酸</div>	易 染 性
Grilen	Inventa	<div>HO COOH</div> <div>P - オキシ安息香酸</div>	易 染 性
テترونT-89	帝 人	スルホン化合物ブレンド	易 染 性 抗ビル性
Trevira WA	Höchst	弛緩熱処理	易 染 性

図3 染色性と脱着性の関係
(各種改質ポリエステル繊維～Dispersol
Fast Scarlet B)

れしかも湿潤堅牢度の良好なポリエステル繊維は存在しない」ということができる。近年スポーツ衣料、コーティング衣料、ブラック フォーマル衣料などで高湿潤堅牢度のポリエステル繊維に対するニーズが高まっているが、この問題に関するかぎり、分散易染型の改質はマイナスの方向となる。

4.2 カチオン染料可染型

カチオン（塩基性）染料の染着座席である酸性基をポリマ中に導入するもので、例えば表3のごとき特許がある⁹⁾。このタイプの先鞭をつけたのは前述

のごとく Du Pont 社であった。同社の特許が技術的に最も実用性の高い範囲を押さえてしまったため、その後各社から回避特許が数多く出されたが、これを凌駕するものは現われなかった。カチオン染色の場合、高温（120℃）またはキャリヤ染色が用いられるが、第3成分で繊維の構造が弛緩されており、分散染料でも染まりやすくなっている。また強伸度も低下しているため抗ビル性にすぐれ、カチオン染料の特性から鮮明性も格段に向上するが、耐光堅牢度がやや劣る、加水分解を受けやすいなどの問題点もある。しかしながら後染異色染色が可能、ウールとの同色性に優れる、湿潤堅牢度が良好などのメリットがあり、日本でも生産開始以来着実に伸びている。

4.3 酸性、含金染料可染型

ポリエステルが羊毛やナイロンと同じように染められないかというニーズは、開発当初から提示されており、染着座席として塩基性基を分子内に導入する方向で検討が進められた。特許の例を表4に示す。一般に塩基性の座席（主に含窒素化合物）は熱に弱いので、ポリエステルの重合および紡糸工程で分解着色することが多く、工業的にはきわめて困難な方法である。このタイプとして帝人では昭和46年5月

表3 カチオン可染型ポリエステル（例）

特 許	会 社	改質剤、改質方法	商 品 名
特公昭34-10497	Du Pont	$\text{HOOC} \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \quad \\ \text{SO}_3\text{Na} \end{array} \text{COOH}$ ランダム共重合	Dacron T-64, T-65 T-62, T-92
特公昭36-18550	Du Pont	$\text{HOOC} \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \quad \\ \text{O}-\text{P}(\text{ONa})_2 \end{array} \text{COOH}$ ランダム共重合	—
B P 868150	Chemstrand	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\left(\text{OCH}_2\text{CH}_2\right)_n-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{Na}$ 共重合	—

表4 酸性、含金染料可染型ポリエステル

特 許	会 社	改質剤、改質方法
USP 3065207	Du Pont	$\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{N}(\text{R})-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ (共重合)
GP 1063317	L C. I.	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{C}-\text{N} \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{C} \quad \text{C} \\ \quad \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \quad \text{C} \quad \text{C} \end{array}$ と、ポリオキシエチレングリコール (モノマーブレンド+ブロック共重合)

テトロン T-102 を発表した。この場合はポリエステルに、塩基性の特殊ポリマをブレンドし染着座席とした。染色方法にも工夫がなされ、酸性染料と第4級アンモニウム化合物とで水不溶性のコンプレックスを形成せしめ、ポリエステル繊維内の染料拡散性を容易にする方法が用いられた。逆の考え方でカチオン染料でも染めることができた。鮮明性に優れ、また後染異色素材としても、例えばレギュラ テトロン・ウールと交編して後染にて3色の異色効果が得られるなどの特長を有している。

5. 易染化技術の動向

易染化の技術は、大きくポリマ改質と紡糸以降の物理改質とに分類される。両者について最近の技術動向を以下に述べる。

5.1 ポリマ改質

ポリマ改質はその目的からつぎの2つに分けられる。

(1)易染化

(2)深色化、鮮明化

(1)の易染化を目的としたポリマ改質は、前述のごとく昭和30～40年代に積極的に研究開発が進められた結果、基本的な考え方はほぼ出そろった感がある⁹⁾。したがってここ数年の特許出願ではこれらの改質技術を組合せて最適化をはかったもの、およびポリマ改質に物理改質やコンジュゲート技術をプラスするものなどが目立ってきている。また1つの動きとして、特許的には古いものであるが、ポリブチレンテレフタレート (PBT) 繊維⁷⁾が注目されている。易染性という意味では、常圧下で濃色までの染色は困難であり、不十分ではあるがその伸長弾性に特長があり、バンティストッキングやスポーツ衣料で展開

が始まっている。表5にPBT繊維の特性値をポリエチレンテレフタレート (PET) 繊維対比で示した。ヤング率が低く、かつ伸長弾性回復率の高い点が注目される。(2)の深色化、鮮明化に関しては、繊維の表面を改質する方向で技術開発が進められている。ポリエステル繊維の屈折率は既存繊維中では最も高く、このため光の表面反射率が大きくなり、染色した際の色の深みや鮮明性が、アセテートやアクリル繊維に比較して劣る欠点があった。この問題に対して、ポリマ製造段階で無機微粒子をポリマ中に分散して得たポリエステルから紡糸した繊維をアルカリ減量加工すると、繊維表面に微少な凹凸が形成され、この結果光の表面反射光量を減らすことが見出された⁸⁾。この原理に基づくポリエステル繊維として、クラレ“SN 2000”、帝人“シルフィル”などが製造されている。これらの繊維を製造する際の技術的なポイントは、ポリエステル内部に無機微粒子を微分散させる粒子分散技術にあり、コロイダル シリカまたは粒子表面のシラノール基をアルキル基で封鎖した疎水性の乾式法シリカをブレンドする方法、ポリエステルの内部でリン化合物と金属化合物とを反応析出させて形成した内部粒子を用いる方法などが提案されている⁹⁾。この他繊維の表面に低屈折率の加工剤皮膜を形成させる方法も開発されている¹⁰⁾。

5.2 物理改質

物理改質は工程別につぎの2つに分けられる。

(1)延伸・熱処理条件の改良

(2)紡糸条件の改良

(1)の延伸・熱処理条件の改良には、大きく分けて2つの方法がある。1つは延伸前または延伸中に加熱結晶化させ染料分子が入りやすい構造にしておく方

表5 PBT繊維の特性

項 目		P E T (ポリエチレンテレフタレート)	P B T (ポリブチレンテレフタレート)
グリコール成分		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
密 度	g/cm ³	1.38	1.32
融 点	℃	262	224
2次転移点	℃	78	40
強 度	g/d	5.0	3.5
伸 度	%	23	35
ヤング率	kg/cm ²	1 440	475
伸長弾性(10%)	%	53	79

法、もう1つはいったん通常の延伸、熱処理を行ったのち、高温で加熱処理してポリエステル繊維特有の緻密な構造を緩める方法である。前者の例としては、未延伸ポリエステルフィラメントを（該ポリエステルの2次転移点 $T_g + 40^\circ\text{C}$ ）～（ $T_g + 100^\circ\text{C}$ ）の表面温度を有する加熱ローラで加熱した後延伸する方法があり¹¹⁾、また後者の例としてはポリエステルの融点あるいはそれ以上の温度を有する加熱浴を瞬間的に通過させる方法¹²⁾がある。工業的には後者の方が多く用いられているようであるが、いずれも繊維中の結晶を発達させて非晶領域の分子凝集密度を低下させ、あるいは非晶領域を大きくして染料分子の吸着を高める方法である。図4および図5は、三石ら¹³⁾が延伸ポリエステル繊維を弛緩熱処理して得た結果を示したもので、図4は熱処理温度と繊維中の結晶の大きさとの関係を示したもので、図5は熱処理温度と染料吸着率との関係を示したものである。図4および図5より、高温の熱処理によって結晶が成長し、それに伴って非晶部の分子凝集密度が低下して染料吸着率が向上することがわかる。し

かしながら、このような熱処理による改質を行っただけではいずれも易染化の程度が低く、濃色染めがむずかしいあるいはポリマ改質によるカチオン可染化タイプに比べて分散染色のため鮮明性が劣るなどの欠点を有している。特に最近では高いレベルの染色性が要求されるため、他の改質手段との併用が行われている。併用する改質手段としては、ポリマ改質してカチオン可染化するもの¹⁴⁾、あるいはさらに、それに後述の高速紡糸を組合せたもの¹⁵⁾等、種々の方法が提案されている。(2)の紡糸条件の改良については、高速紡糸法が注目されている。特許にみる高速紡糸の歴史は古く、既に昭和30年代にはDu Pont社の公告が現れている¹⁶⁾。しかしこのような紡糸技術が現実のものとして可能になってきたのは、高速ワインダの開発に伴うここ10数年の間であり、現在3500 m/min 付近の紡速レベルにおいて延伸仮燃用供給糸(POY)としての工業的利用が行われている。また6000 m/min まで巻取り可能な操業用巻取機、あるいは8000 m/min まで巻取り可能な実験用巻取機も開発されており、延伸工程を完全に省略してしまう高速紡糸の現実性は以前より一段と高くなっている。高速紡糸においては、紡糸過程での高い変形と応力によってノズルから押し出されたポリマが冷却され固化する間に急激な配向結晶化が起る。この結果得られる繊維の物性、構造はこれまでの低速紡糸～延伸によって得られる繊維とは大きく異なっており、図6に示すように極めて配向性、凝集性の低い非晶部を持つのが特長である¹⁷⁾。その結果これら高速紡糸繊維における染料の拡散は容易になり、通常の延伸糸に比べてはるかに高い染色性が得られる。図7に示すように高速紡出糸の染色性は紡速が高くなるにつれ、結晶性配向性

図4 熱処理温度と結晶サイズ

図5 熱処理温度と染色性

図6 紡糸速度と Δn_a

図7 紡糸速度と染着率

が高くなるため次第に低下するのだが、5 000～6 000 m/min を越えると再度増加する¹⁸⁻²⁰⁾。これらの超高速域で紡出された繊維においては、1本のフィラメントの中央部の分子配向が著しく低下したいわゆる断面2重構造になっており^{18,21)}、染着性の増加もこの構造あるいは表面ポイドの発生に関係するものと思われる。高速紡糸による染色性向上と、やはり易染化のための物理的改質手段として知られている高温熱処理とを組合せて常圧可染化する開発が最近報告されている^{22,23)}。動的粘弾性の測定によれば、高速紡糸繊維の非晶部は、高压染色によらないと染料が内部に拡散できないより充填度の高い部分と常圧沸水中でも染色することの可能な比較的充填度の低い部分とに分かれる。高速紡糸で得られた繊維について220℃以上融点近傍で高温熱処理した場合には、充填度の高い部分から低充填部への転換が起これる結果染色性は更に改善される。高速紡糸の染色性を高める別の手段として、高分子量のポリエステルを用いる方法もある。高分子量ポリマの場合、高速紡糸における分子配列は絡合いなどの理由で引伸ばされにくいまま結晶が成長する。その結果図8に示すように、同一の紡速においても低分子量のポリエステルに比べて非晶部の配向性は低くなる。すなわち充填度の低い非晶となるため染色性はやはり改善される。また高速紡糸と前述のポリマ改質を結付ける方法もある。例えば5-ナイリウムスルホイソフタル酸を2～5 mol%共重合したカチオン可染型ポリエステルの高速紡糸繊維の場合、非晶

図8 紡糸速度と Δn (重合度の影響)

部の配向はほとんど零に等しく、分散染料に対してもカチオン染料に対してもその染色性は著しく増加する。カチオン可染ではないが同様な効果は、ポリエチレングリコールその他をブレンドまたは共重合した改質ポリエステルについても認められる。その他ドラフト、断面形状、冷却速度などの紡糸条件あるいはポリマ組成について検討を加えることにより、染色性をより高める方法は更に種々とあるように思われる。高速紡糸法が一般化するにつれてポリエステルの染色性改善に関し、多くの技術が開発されるものと期待される。

6. 常圧可染型ポリエステル

以上のような背景のうちで、現状易染多様化時代を迎えている。ここでいう「多様化」とは、省エネルギー、公害問題など社会情勢の多様化であり、複合化などポリエステルの使われ方や、用途の多様化であり、ポリマ改質から物理改質に至る技術シーズの多様化である。要求される物性および易染化レベルは、ねらう用途ごとに異なるはずであり、それぞれに対応して技術手段の組合せにより品質を上げていくが必要になると思われる。そのなかでまずカチオン可染ポリエステルの常圧可染化で開発の競争が始まっている。このタイプの開発のねらいはつきのごとくである。

①常圧下ボイル染色で淡色から濃色まで容易に染色できること。

耐熱性に限界のあるウール、絹、スパンデックスとポリエステルとの複合素材の展開に当って、極めて重要な特性となる。特にウールの風合い、機能が損傷されないことは、秋冬物へ進出する場合大きなメリットである。更に省エネルギーやキャリヤ、排水処理の面でも

大きな意義を有している。

②カチオン染料で染色できること。

カチオン染料のうち、共役型染料は色相が鮮明で着色力も高い。また昇華堅牢度に優れ、繊維～染料間に結合エネルギーの高いイオン結合が関与しているため、湿潤堅牢度も良好である。これらの特性は分散染料易染タイプにはなかったものであり、特に衣料用途分野における商品の幅出しに効果を発揮する。

③強伸度特性がバランスされており、抗ビル性、ソフト風合い性に優れ、また耐摩耗性にも問題がないこと。

④染色加工の工程管理がしやすいこと。

以上のようなねらいを持って開発が進められた。技術的には単に染めやすくするだけであれば、第3成分の共重合またはブレンド量を増加することで容易に達成できるが、ポリエステル繊維の特性を保持することも必要であるため問題はむずかしくなる。図9はその概念図である。すなわちカチオン染料の

図9 カチオン易染化(概念図)

座席となるスルホン酸含有モノマの共重合割合を増加すれば、染色性、抗ビル性は改良されるが、紡績性、均染性、耐摩耗性、耐光性、耐薬品性はいずれも低下する。また紡糸工程でも粘度増加による曳糸性の低下などの問題が生ずる。各社はこれらの特性がバランスされるように各種の工夫をこらしており、それぞれに特長のあるタイプを開発している。特許的には、

①5-ナトリウムスルフォイソフタル酸成分の共重合量を増大させる方法。

②酸成分の共重合量は適度に抑えて、染色性の不足分を高速紡糸、急冷紡糸、延伸糸の高温熱処理などの物理改質法によって補う方法。

③酸成分の共重合量は②と同様に適度に抑えて、不足分をポリオキシエチレングリコール系化合物の共重合で補う方法。

などが採用されている。③の併用共重合成分としては、分子量が比較的大きいため、ポリマの軟化点低

下が起りにくい点でポリオキシエチレングリコールが好ましく用いられるが、最終製品の耐光性が不良となる問題や重合反応中に系外へ逃散する問題があるため、ポリオキシエチレングリコールのジカルボン酸またはネオペンチレングリコール・エチレンオキサイド付加体を使用している²⁴⁾。つぎに帝人の“メルトップ”を例にその開発のねらいおよび特性を述べることにする。

7. “メルトップ”について

“メルトップ”の開発に当っては、染めやすさを改良するだけでなく、耐光堅牢性、抗ビル性、耐摩耗性も考慮し、扱いやすいポリエステルを目標にした。特に秋冬用テترون/ウール混織編物に適するように設計されている。原綿物性は表6のごとくで、強度が低くこのため抗ビル性は良好である。1つの難点は、耐酸、耐アルカリ性が低いことである。図10にアルカリ減量速度を示した。従来タイプのカチオン可染型よりさらに減量速度が大となっている。

表6 “メルトップ”の原綿物性

項目		“メルトップ”	CDP
強度	g/d	2.2~2.6	3.1~4.2
伸度	%	30~50	35~45
沸水収縮率	%	3~5	0~3
染色温度	℃	Boil	120

注) CDP: 通常のカチオン染料可染型ポリエステル

図10 アルカリ減量速度

染色、仕上工程で十分な注意が必要とされる。図11は“メルトップ”の昇温染色曲線である。染色転移点が80~90℃にあり、従来タイプ対比15~20℃低くなっており、常圧下で濃色までの染色が可能である。染料については染色速度、耐光堅牢性、リング染色

図11 “メルトップ”の昇温染着曲線

性を考慮した選定使用が望まれる。“メルトップ”では特にウール混分野の商品開発が先行している。“メルトップ”の開発により、ウールの持つ優れた特性を損うことなく、かつポリエステルの特性をプラスし、優生複合繊維編物として、ポリエステル/ウール混で残された最大の攻略目標である秋冬物ウール分野への展開が可能となった。ウール混の場合の“メルトップ”の特性とその効果および商品の特徴を表7に示す。図12は開発のポイントを図式化したものである。得られた“メルトップ”/ウール混織物の風合い特性をウール100%、普通テترون/ウール混織物と比較するため、KES(風合いを数値化する方法、川端法)の特性値を測定した(図13)。ぬめり、ふくらみの各特性値は、ウール100%織物に近似していることがわかる。このように“メルトップ”の加工に当っては、染色技術的に高いレベルの管理技術

図12 開発のポイント(素材と技術のドッキング)
を必要とするが、製品としては多くの特徴を有しており、今後の発展が期待されている。

8. 今後の方向

ポリエステル繊維の用途拡大が進むにつれて、それぞれの分野でポリエステルの特性は残し、かつ特定の機能を改善して欲しい、更に新しい機能性を付与して欲しいという要望は、今後とも高まっていくものと思われる。本稿で主として取上げた常圧可染型ポリエステルもこれからの繊維である。ステープルからフィラメントへ、そして横編分野へと用途開発が進められているが、まだまだ欠点も多い。①織

表7 “メルトップ”の特性と効果

“メルトップ”の特性	効 果	展開可能な商品および特徴
ボイル染色可能	ウールの損傷少ない	○ソフトな風合い ○プリント商品 (着抜, 白抜)
カチオン可染	鮮 明 性 深 色 性 ウール汚染少ない 湿潤堅牢度良好	○白残し, 濃淡効果 ○霜降り効果
抗ビル性	縮絨, 起毛, 剪毛が可能 抗ビル性向上	○秋冬物起毛商品 ○外観品位向上
着用疲労性	商品ゾーンの拡大	○秋冬物起毛商品
低温セット性	ホフマン プレス可能 熱硬化性良好	○横編セータ ○リラックス
低強力	起毛性, 剪毛性良好	○起毛商品 ○秋冬物商品

図13 KES 特性値

●ウール 100%
○「メルトップ」/ウール
△普通テロン/ウール

維製造上の問題、②糸物性上の問題、③耐アルカリ性の問題、④仮然加工性の問題等々である。これらが解決されればその用途は更に拡大されるものと考えられる。その方向での技術開発はすでに始まっている²⁵⁾。また結晶化延伸や高速紡糸など物理改質も今後の発展が期待されている。これにポリマ改質の技術がプラスされ新技術が開発されていくものと思われる。一方、ポリエステルは深色性・鮮明性改良技術もポリマ改質から集合体構造の改良へと発展している。ポリマ改質においては、前述のように無機微粒子のブレンドとアルカリ減量技術の組合せにより繊維の表面に微細な凹凸を付与し、光学的な原理で深色性、鮮明性を改良しようとする方向が主流である。また繊維の表面に低屈折率の加工剤を用いて皮膜を形成させ、深色性を改良する方法も実用化が始まっている¹⁰⁾。更にミルバブラック（帝人）のごとく特殊複合構造の加工糸を用いて、布帛の表面に多層の凹凸を形成させ入射光の大部分を吸収し、深色性を増大させる技術も発展、拡大の段階にある。また織物の光沢改良にも新しい開発の動きがみられる。三花卉の断面を有する“シルック・ロイヤル”（東レ）、モルフォ蝶の光沢を有する“ディフォル”（クラレ）などがその例であるが、天然の花や蝶などの生き生きとした色彩を合織で表現しようとするものである。「簡単に、美しく、堅牢に染められ、かつポリエステルの優れた物性と綿の着用特性を備えた繊維」はいわば理想の衣料用繊維といえるが、これに向って今後の技術開発は進められていくもの

と予想される。この他の機能性すなわち制電、導電、防災、吸水などに関しても、ポリエステルの改質研究は着実に進められており、今後はレギュラ ポリエステルに、これらの改質ポリエステルが加わり、更に後加工の各種技術がプラスされてポリエステルの用途拡大が進展していくものと期待している。

9. おわりに

以上、ポリエステル繊維の染色性改善に関して、その歴史と現状を概説し今後の方向について1つの見方を提示した。ポリエステルの用途は、その優れた機能性、コスト競争力を武器に、衣料から非衣料へとますます拡大していくものと予想されるが、それぞれの用途に対応した きめ細かい品質が要求されてくるであろう。易染性ポリエステルについても、より豊かな衣生活のために、まだまだ改善をはかる必要があるといえる。技術的には共重合、ブレンドなどのポリマ改質に、高速紡糸のごとき物理改質が加わり技術の複合化がはかられていくものと思われる。

本稿がポリエステルの発展に少しでも寄与できれば幸いである。

文 献

- 1) 染色工業（特集号），31，No. 6（1983）
- 2) 標葉：化学工業，19，p. 1109（1968），横内；染色工業，11，p. 507（1963）
- 3) 温品；化学と工業，15，p. 717（1962）
- 4) 新，改質繊維と商品化，3，No. 53（1980），大阪ケミカルマーケティングセンター）
- 5) 伊藤，肇村；染料と薬品，11，p. 301（1966）
- 6) 改質合成繊維に関する調査，2，No. 2（1965），大阪ケミカルマーケティングセンター）
- 7) ICI；BP，682，866
- 8) 上田；高分子，32，p. 605（1983）
- 9) クラレ；特開昭55—107512，東レ；特開昭58—149314，帝人；特開昭58—132114
- 10) 形部；昭和58年，繊維学会夏季セミナー
- 11) 帝人；特公昭45—37574
- 12) Hoechst；特公昭38—8796
- 13) 三石，土浪；繊維誌，20，P140（1964）
- 14) クラレ；特公昭48—19895
- 15) 東洋紡；特公昭52—8418
- 16) Du Pont；特公昭31—6768，35—3104
- 17) 清水；繊維誌，33，P208（1977）
- 18) 清水；繊維誌，37，P135（1981）
- 19) 旭化成；特開昭57—121613
- 20) 上出ほか；繊維機械学会，昭和57年度年次大会予稿集，405-5（1982）
- 21) 清水；特開昭55—107511
- 22) 真鍋ほか；繊維機械学会，昭和57年度年次大会予稿集，405-6（1982）
- 23) 旭化成；特開昭57—161120，161121，191318，191335
- 24) 東洋紡；特開昭58—32632，東洋紡；特開昭58—65746など
- 25) 東レ；特開昭58—138731，ユニチカ；特開昭58—156053