染色特集 IV. 最近の染色技術

染色技術の動向

脇 田 登美司

1. わが国の染色工業の現状

繊維産業の凋落が言われるようになってどれほどになるだろうか。第一次石油ショックからすでに10年が経過した。その間、捺染ブーム、ジョーゼットブームなどひととき光のさす時もあったが、昨今は内需の不振、輸出の減少、加工賃の低迷によって、相変らず先行き見通しは暗い。

衣料用繊維としては現在の素材以外に新しいものはなく、むしろ木綿とポリエステルを中心に絞られる傾向にある現状では、近代的な生産技術・管理に対処するためのシステム化が一番の技術的な課題であると思われる。

日本における年間の染色加工総量はほぼ60億m²で、この10年間ほとんど一定している。またその3分の1は輸出である。このような状況は今後も大幅に変化することはあり得ないと思われる。したがって他産業と比べると、当然繊維産業の相対的な地位は低下している。一方技術の進歩によって生産性が向上しているために、設備過剰で、稼働率は低下しているが、抜本的な解決が望めないのが実情である。

しかし衣料品が人間の文化の側面として、日常生活を支える必需品である限り、時代のニーズに対応した商品展開は当然もとめられる。染色工場においてもこれらの商品を提供するためには、消費者情報の収集はもとより、エレクトロニクスをはじめとする現在の先端技術を駆使したトータルシステムとしての生産技術の確立が望まれる。

2. 染色工場における省エネルギー

石油価格はこの10年間にほぼ10倍に値上がりしており、エネルギー多消費型産業としての染色加工業にとって、とりわけ状況はきびしい。それを受けて日常手のと

どく範囲の再点検によって、目先の無駄はいちおう改善された。しかし抜本的な省エネルギー生産システムの開発には今後とも努力をかたむけなければならない。

最近の染色工場における生産コスト比率の推移を表1に示した¹⁾。人員削減によって、労務費は少なくなっているが、燃料比率はいちじるしく増大している。昭和48年における布1m²の加工に対する平均石油消費量が0.18lに対して、昭和55年では0.14lとなり、省エネルギー対策の実効は認められるが、この程度ではとても石油価格の上昇をカバーし切れない。

表1 染色加工コスト比率の推移(%)¹⁾

年 度	燃料費	電力費	副材料費	人件費	その他
昭 48	8	3	23	31	35
55	19	6	27	25	23

染色工業における省エネルギーについては、いろいろな立場からすでに多くの見解が述べられているので、詳細はそれらの文献を参考にされたい^{2~6)}。これらの問題に対処するためには新染色技術の開発や染色加工装置、プロセスの改良のほか、現有設備による生産体制についてもさらにきめ細かい見直しが必要である(表2)⁷⁾。

省資源、省エネルギーの観点から染浴再利用にも関心が払われている^{8~11)}。一回の染色ごとに染色排液をすてないで、染料や助剤の残留する高温残液を繰り返し利用する方法で、公害対策にも有効であるが、工業的に実施されるには致っていない。

3. 染色加工技術における最近の問題点

3.1 低浴比染色加工

染色工場のエネルギー消費はほぼ洗浄36%、乾燥32%、乾湿熱処理29%、その他と言われており、水を媒体とする工程が最もエネルギーを消費する。したがって低浴比で処理することは、水の加熱、乾燥のエネルギーが少なくてすむ。パッチ式のジェット染色では浴比1:3で染色可能な装置が開発されており¹²⁾、連続式ではlow pickup アプリケータや泡加工が注目されている。

Recent Trend in Dyeing Technology

TOMIJI WAKIDA

Kyoto University of Industrial Arts and Textile Fibers

京都工芸繊維大学 助教授(工博)

表2 現有設備による省エネルギー技術⁷⁾

項 目	適 用
1) エネルギー消費量の把握	
2) むだ使いをしない	
ボイラーの効率向上 保温強化 過乾燥防止 節 水 加工条件の見直し 作業切替時間の短縮 不上がり, 再加工率の低減 管理の強化, その他	空気供給量調整, 給水温度 各設備 適正給排気, 速度調整, シリンダー数 過剰給水防止, 節水意識向上, 各種弁設置, 水圧 適正温度, 時間, 速度 実稼動率向上 蒸気もれ, 水もれ整備, 照明, ファン, 空調の管理, 熱配管の短縮, 設備配管の適正
3) 排出エネルギーの回収, 再利用	
蒸気ドレインの回収強化 排水熱回収 排気熱回収	クローズドシステム等 熱交換機設置(ユニットごとおよび総合) 再利用効率向上 熱交換機設置(気-気, 気-液) 再利用効率向上

表3 2.3の絞り方法による
ピックアップ限界値¹³⁾

絞 り 方 法	絞りの限界(%)	
	綿 布	合繊維物*
パッダー		
硬質ゴムロール	45~50	不適當
繊維充填ロール	40~45	30~40
真空吸引		
スロット	48~55	10~25
ロール	50~80	10~25
エアジェット噴射機	35~45	10~20
転写パディング	35~40	40~50

* ナイロン, ポリエステル繊維

2.3のパッド法による絞りの限界値を表3に示した¹³⁾。綿布の吸水性は約30%であり, したがってエアジェットエジェクターで脱水した場合や転写パディングした場合の繊維の表面自由水は非常に少ないと考えられる。綿布についてはピックアップ30~35%が絞りに対する限界値で, それ以上ではマイグレーションが起り易くなり, それ以下では不均一をおこす恐れがある。各社からいろいろな方式のlow pickup アプリケータが開発されている¹⁸⁾。

- (i) エアジェットエジェクター
- (ii) サクションロール
- (iii) 転写ロール
- (iv) ナイフロールコータ, リバースロールコータ
- (v) キスロールコータ
- (vi) グラビヤロール
- (vii) 泡加工
- (viii) スプレー

図1 表面樹脂に対するピックアップ
の効果¹³⁾

上は65%ピックアップ
下は25%ピックアップ

これらの low pickup プロセスは一部仕上加工に使われているが, 染色には均一性などの点で問題があると言われている。綿布の樹脂加工において, ピックアップが30%前後になると, 表面水がほとんどないのでマイグレーションを起さないで, 樹脂が織物内部に一樣に付着するのに対して, ピックアップ65%では乾燥過程でマイグレーションを起すために表面樹脂が多くなり, 風合いや摩擦強度などに影響すると考えられる(図1)¹⁸⁾。したがって low pickup は省エネルギーと同時に, 加工布の品質向上をはかることもできる。

3.2 泡加工

low pickup 加工方式の一つとして, 最近とりわけ泡

加工が注目をあつめており、すでに多くの論文や綜説が発表されている¹⁴⁻¹⁸⁾。泡を利用する染色法として、サンド社のサンコワット法がよく知られているが、連続法としてGaston社のFFT, United Merchants and Manufactures社のValfoanのほか、最近ではKüster社のMinifoam, Stork社のSRF, Tube-Tex社のTri-Pad, Tootal社, Monforts社, Mitter社, Printaire社, Fleissner社などからも泡加工機が発表されている。

アプリケーションで布に処理した泡は短時間に泡が崩壊して布に吸収される。したがって泡は加工液に対する空気混入の割合を示すブロー比, 粘度, 安定性, 気泡粒子の大きさなどが加工効果に大きく影響するので, 起泡剤や安定剤についても報告されている。

カーペットのような厚地織物は通常のパッド染色法ではピックアップが大きくなり, 乾燥に多量のエネルギーを必要とするために, カーペットの泡染色はとりわけ省エネルギー効果が大きい¹⁹⁾。

ナイロンカーペットをナイフコーティング法によって, 酸性, 錯塩, 分散染料で泡染色を行った場合, パッド法と泡染色のピックアップ, 乾燥エネルギーを表4に示した。泡染色の場合のピックアップはカーペットの目付によっても変るが, 10~15 oz/yd²では20~30% owf, 30~50 oz/yd²では40~50% owfとなり, 布重量が増大するとピックアップも増大するが, 25 oz/yd²のナイロンカーペットについて泡染色のピックアップは約40% owfで, パッド法の半分である。当然乾燥の熱エネルギーも約半分ですむことになる。また泡染色ではピックアップ後のスチーミング過程で水分付着量がほとんど変化しない(表5)¹⁹⁾。したがって布中の水分量が少ないために, スチーミング過程で発色固着に要する時間もいちじるしく短縮できる(図2)。泡染色も試みられている²⁰⁾。

表4 ナイロンカーペットの乾燥におけるエネルギー消費量¹⁹⁾

	パッド法	泡染色法
目付(oz/yd ²)	25	25
ピックアップ(%)	80	42
乾燥エネルギー(Btu/yd ²)	1406	658

表5 泡染色におけるピックアップとスチーミング過程での凝縮水分率¹⁹⁾

スチーミング前の水分率(%)	スチーミング後の水分率(%)	スチーマー中の増加分率(%)
25	25.5	0.5
35	36	1
45	47	2

図2 ピックアップとスチーミング時間¹⁹⁾

3.3 カーペットのインジエクシオンプリント²¹⁾

インキジェットによる文字印刷はすでに工業的に利用されている。東ドイツのチタウ社が1968年に開発したエレクトロカラーの原理をカーペットの捺染に応用され, アメリカ, ミリケン社のミルトロン; オーストリア, チンマー社のクロモトロニック; オーストラリア, ゴールドフリー・ハースト社のタイタンなどの実用機がすでに稼動している。原画をコンピュータに記憶させ, 図柄にしたがって1平方インチ当り100個のインジエクシオンノズルから1000分の21秒の速さでカーペット面に染液がスプレーされる。このノズルは固定されていて, 幅4mの染色棒に1680個のノズルが並列している。5色のときは5本の染色棒が並んでいて, この下をカーペットが8m/minの速さで移動するようになっている。

3.4 マイクロ波染色

染色加工にマイクロ波を利用する試みは古くから行われているが, 均染性のはかにポリエステル繊維を十分染色できないこともあって工業的には成功するには致って

表6 伝導加熱およびマイクロ波加熱によるポリエステル布染色における拡散係数(D)²²⁾

染料	みかけの拡散係数 $D(\times D^{-7})(S^{-1/2})$	
	マイクロ波	伝導
10% DMF水溶液		
1,2-ジヒドロキシアントラキノン	1.70	1.36
1,4-ジヒドロキシアントラキノン	6.44	4.35
1,8-ジヒドロキシアントラキノン	7.92	6.48
1-アミノ-4-ヒドロキシアントラキノン	2.98	2.84
1,4-ジアミノアントラキノン	0.86	0.67
2-アミノアントラキノン	0.92	0.52
水		
1,4-ジヒドロキシアントラキノン		1.44

いない。R. S. Berns らは有機溶媒前処理 ポリエステル繊維を分散染料で染色し、マイクロ波加熱は従来の伝熱加熱より拡散係数の大きいことを指摘している(表6)²²⁾。竹松は飽和蒸気中で乾燥を抑制しながらマイクロ波照射を行うと、染色が促進されることを指摘するとともに、ポリエステル繊維の減量加工にも利用できることを報告している²³⁾。またマイクロ波染色の実用機 Apollotex による染色結果についても述べている。

3.5 その他

10 年余り前から 1/10~1/100 デニールの極細繊維を利用したスエード調人工皮革が開発された。しかし繊維重量当りの表面積がいちじるしく増大し、反射表面積が増えるために、染色速度は増大するが、図 3 に示すように染料吸着量に対するみかけ表面濃度が低下し、如何にして鮮明な濃色を得るか問題が残されている²⁴⁾。とくに黒染めに関連して、繊維表面にミクロクレタをつくり、

図 3 繊維デニールの異なるポリエステル繊維の染色量と K/S 値²⁴⁾

C I Disperse Blue 73

光の反射・吸収を増大させ濃色効果を出す方法²⁵⁾や分子吸光係数の大きい染料の選択²⁶⁾、屈折率の小さい加工剤を繊維表面に処理する方法²⁷⁾などが考えられており、フッ素系樹脂の濃色効果がすぐれている。

ポリエステル繊維を染色前にビフェニル/メチレンクロライドで前処理すると、拡散係数が増大し、低温染色ができる^{28, 29)}。

4. 染色工業のプロセス、システム管理

染色工業は複雑な工程を職人的なカンに頼って作業している面が多く、他産業に比べて労働集約的、エネルギー消費型産業と言われている。染色工業が近代的な産業として発展するためには、生産の各工程の機能を十分把握した上で、エレクトロニクスやコンピュータ制御技術を駆使して熟練労働者をもてなす得ぬ精密度の高いシステム管理技術を確立し、生産性を高めることが必要である。

染色工業へのコンピュータの利用は従来はもっぱら事務処理を対象に、一部 CCM に利用されてきた。最近では IC 技術の目ざましい進歩によって、低価格、高性能機が出回るようになり、染色工業においても漸くコンピュータ技術管理の時代がはじまろうとしている^{31~33)}。糊拔・精練にはじまって、染色・仕上工程から検査、包装にいたるいろいろな単位操作、プロセスについて精度の高い機械の設計と管理がもとめられる。このためにはコンピュータの利用と計測性能の向上のために各種センサーの開発も必要である。

たとえば鐘紡によって開発された羊毛、合繊トップの省エネルギー無人染色システムに見られるように、従来のバッチ式染色工程の問題点の検討から、自動化の新システムをつくり上げ、労働生産者の向上のほかに、省エネルギー・節水・低公害技術を達成している³⁰⁾。そのシステムフローを図 4 に示した。

これらの経験から、染色工場のシステム化にあたって

図 4 鐘紡無人染色システムフロー

は、繊維種別の違い、布の形態上の差異などによって加工条件が異なりシステム化を阻害しているが、システム化のニーズ、現状の実態、システム化の阻害因子を的確にとらえ、それによって総合的な合理化、システム化を図るとともに投資に見合うメリットを見出すことをあげている⁸⁴⁾。そのためには長期にわたって生産技術と品質の改善をはかり、成果の積上げによる技術、作業面でのレベルアップを指摘している。とくに基本方針として反物を都度スポット的に追跡し、加工進行状況をリアルタイムで把握することをあげている。

文 献

- 1) 松井宏仁；染色工業，**28**，269 (1980)
- 2) *ibid.*，**28**，No. 4，省エネルギー特集 (1980)
- 3) *ibid.*，**28**，No. 5，省エネルギー染色加工法特集 (1980)
- 4) *ibid.*，**28**，No. 6，省エネルギー型染色加工設備特集 (1980)
- 5) 繊維学会誌，No. 6，染色工業における省エネルギー対策特集 (1981)
- 6) G. Siegrist；*Textilveredlung*，**16**，389 (1981)
- 7) 小林文夫；染色加工における省エネルギー (繊維学会夏期セミナー，昭54)
- 8) 青柳太陽；染色工業，**28**，445 (1980)
- 9) W. W. Carr and F. L. Cook；*Text. Chemist & Colorist*，**12**，106 (1980)
- 10) F. L. Cook, W. C. Tincher, W. W. Carr, L. H. Olson and M. Averette；*ibid.*，**12**，1 (1980)
- 11) F. L. Cook and W. C. Tincher；*ibid.*，**10**，1 (1978)
- 12) H. U. von der Eltz, R. B. Wassner；*Melliand Textilber.*，**60**，167 (1979)
- 13) H. B. Goldstein and H. W. Smith；*Text. Chemist & Colorist*，**12**，49 (1980)
- 14) 益田 恭；染色工業，**28**，418 (1980)
- 15) Palmetto sec；*Text. Chemist & Colorist*，**11**，270 (1979)
- 16) C. G. Namboodri, M. W. Duke；*Text. Res. J.*，**49**，156 (1979)
- 17) C. Guth；*Textilveredlung*，**14**，270 (1979)
- 18) *Text. Chemist & Colorist*，**10**，269 (1978)
- 19) C. G. Namboodri & R. S. Gregorian；*American Dyestuff Rept.*，**67**，27 (1978)
- 20) C. G. Namboodri, J. Johnson & R. S. Gregorian；*Text. Chemist & Colorist*，**10**，213 (1978)
- 21) 前田正幸；染色工業，**28**，2 (1980)
- 22) R. S. Berns & H. L. Needles；*J. Soc. Dyers & Colourist*，**95**，207 (1979)
- 23) 竹松 昭；染色工業，**29**，480 (1981)
- 24) 伊藤信也；*ibid.*，**28**，2 (1980)
- 25) 別所義雄；*ibid.*，**28**，327 (1980)
- 26) Venkataraman；*The Analytical Chemistry of Synthetic Dyes*，P379 (1977)
- 27) 水島春男；染色工業，**28**，27 (1980)
- 28) R. D. Matkowsky, H. D. Weigmann and M. G. Scott；*Text. Chemist & Colorist*，**12**，55 (1980)
- 29) F. A. F. Moore and H. D. Weigmann；*ibid.*，**13**，70 (1981)
- 30) 石沢一朝，大獄貞夫，林田周次，中原修一；繊維学誌，**32**，445，495，547，597 (1979)；染色工業，**28**，314 (1980)
- 31) 染色工業，No. 6，染色工業におけるコンピュータ管理特集，(1981)
- 32) *ibid.*，No. 7，コンピュータ カラーマッチングの新しい展開特集，(1981)
- 33) *ibid.*，No. 11，染色仕上機械におけるマイコンの利用特集，(1981)
- 34) 酒井 清，長田泰礼，林田周次；*ibid.*，**29**，266 (1981)

(昭和57年4月27日受理)