新年特集

染色加工技術の現状と将来への展望

脇 田 登美司

1. 染色加工技術の動向

染色加工は衣料やインテリアに必要な機能性、美的特性を付与する技術として現在に至っている。しかし成熟した産業として、画期的な新技術や量的な拡大は望めないが、この20年、30年をふり返ると、周辺の技術の進歩を吸収しながらいちじるしい発展を遂げてきた。

ただ多様な形態をもった繊維集合体に不特定の性能を与える技術として、加工工程での要因が多く、複雑なために技術的に管理しにくい難点があるために、管理技術が他産業に比べて遅れていることは否めない。最近では装置産業としての様相を一段と深め、染色加工工程のシステム化と加工技術のレベルに見合った計測と制御がもてられている。

染色工業においても社会の要請に迫られて、いろいろな技術が開発されてきたが、工業的に特定のメリットがない限り技術として定着し得ないので、将来の技術を予測することはむずかしい。

転写捺染のように、衣料用の染色技術としてよりも画像処理のカラー記録の技術として、またスクリーン捺染技術を応用したプリント配線など、エレクトロニクス関連の技術として転写されているものもある。また最近では電波シールド布や防塵服など先端技術用の衣料分野も拡大している。

捺染の加工比率の推移を図1に示した¹⁾。転写捺染は少なくとも日本では衣料品の捺染技術としてはほとんど利用されていないが、世界的な統計からみると漸次増加傾向にあることは興味ぶかい。また溶剤染色のように、かなり実用可能な段階にあった技術も、投資メリットだけでなく、パークレンやトリクレンなどの毒性を考えると、技術の背景としての安全性も当然考慮すべき重要な因子である。次に今後の染色加工に関係の深い2, 3の技術について述べる。

Present and Future Aspects in Dyeing Technology

TOMIJI WAKIDA

京都工芸繊維大学工芸学部 助教授(工博)

図1 1968～1984における世界の捺染加工量の変動¹⁾

(i) 無製版画像形成システム²⁾。従来の版方式を利用しない画像形成システムとして、乾式転写システム、インキジェット、静電方式がカラー記録に利用されるようになり、一部染色加工にも技術転移が行われている。

インキジェットはプリンターの記録などにすでに利用されている。染色工業においてもミリトロン(ミリケン社、米国)やクロモトロニック(チンマー社、オーストリア)がカーペットの捺染に利用されているが、ノズルの密度が粗いので、一般織物に繊細な模様を着色するには難点がある。

磁性染色の概略を図2に示した^{3,4)}。感磁性体の鉄粉と染料を混合した適当な粒度の混合粉体をマグネットロールのスリーブで搬送し、磁気ブラシを被染物に接触させて布に染料を付着させ加熱する方法で、工業的に利用される段階にない。そのほか静電潜像をトナーを用いて布に現像、捺染する方法も考えられている。

(ii) 泡加工。省エネルギー染色技術として、低ピックアップアプリケーションから最近では泡加工が注目を集めており、各社からいろいろな泡加工機が発表されている。仕上加工やカーペットなどの染色に利用されている。カーペットなどは通常のパッド染色法ではピックアップが大きいため、多量の乾燥エネルギーを必要とするので、泡加工を利用した場合の省エネルギー効果は大きい。図3に示

1: 分散染料 2: ホッパー 3: マグネットローラー
4: スリーブ 5: ドクター板 6: 被染物
7: 巻出しローラー 8: ガイドローラー 9: ヒータ
10: 回収容器 11: クリーニング用マグネットローラー 12: 搬送ローラー 13: 巻取りローラー
14: ヒートローラー

図2 磁気染色装置

図3 泡捺染装置⁴⁾《Kusters foam color》

ようなノズルを色数だけ合せてユニットにした泡捺染機も発表されている⁴⁾。

(iii) 低温プラズマ加工。低温プラズマは低圧ガス中でのグロー放電で、一部エレクトロニクスや膜関係の領域で工業的に利用されている。最近では染色加工においても

関心が集まっている。表面親水化、接着、表面改質などに今後の技術的な発展が期待されており、染色加工技術としても精練、糊拔工程の簡略化、羊毛織物の防縮加工、合成繊維の親水化などが報告されている。

2. 多品種少量生産への対応

2.1 多品種少量生産の現状

染色加工は元来典型的な多品種少量生産型の産業で、バッチシステムによって支えられてきた。しかし戦後のJ-Boxにはじまる連続染色加工システムが完成されて、生産性がいじりくく増大した。一方われわれの生活が豊かになるにしたがって、消費者のニーズも個性化し、複雑、かつ多様化するようになった。低級品、定番品は中後進国の追上げで競争力を失い、高級品生産指向は必然的に多品種少量生産、短サイクル化に一層拍車がかかるようになった。表1に染色工場における小ロット化の現状の一例を示した⁵⁾。その中でも染色、捺染の小ロット化が一層進んでいる。

その結果、染色工場においては加工素材や加工条件の多様化、色替えや型替えなどの段取り替え回数の増加とそれに要する時間の増大、掃除回数の増加、さらに布の出入れのためのマテハンの増加をともなうようになった。当然染色工場内における布の流れと加工情報の流れが複雑になり、作業能率の低下要因が増えてきた。

このような状況に対応するために、CCS、CCMの導入、色替え、柄替え時間の短縮(図4)⁶⁾、段取り替え所要時間の短縮などによって、稼働率の低下を克服してきた。一方、表1から明らかなように、精練、漂白や樹脂加工などのように品番が異なっても、グループ加工が可能な場合は単位ロットが小さくても、グループ加工の工番数が多いために、同一ロットで加工することによって、逆に平均ロットが増大することになっている。このようなGT法(Group Technology)の活用も積極的に押し進めて行く必要がある。

しかし経験や熟練による対応だけでは明らかに限界が

表1 多品種少量生産最近の動向⁵⁾

設 備 名	53 年 度			58 年 度			
	平均ロット m	工番数*	単位ロット m	平均ロット m	工番数*	単位ロット m	指数
連続精練漂白機	35,980	9.4	3,828	43,996	14.8	2,973	78
液流染色機	540	—	—	429	—	—	79
パッドドライヤー	2,760	—	—	1,695	—	—	61
パッドスチーム	7,597	—	—	5,920	—	—	78
フラットスクリーン捺染機	3,309	3.4	973	2,863	4.1	698	72
ロータリスクリーン捺染機	5,558	3.8	1,463	5,256	4.3	1,222	84
ローラ捺染機	6,933	3.9	1,778	6,323	4.2	1,505	85
樹脂加工機	5,999	4.1	1,463	4,682	3.4	1,377	94

* 品番の異なるロット数

図4 柄替え, 色替えに要する時間の変動⁶⁾
(フラットスクリーン捺染)

あり, 多品種小ロット化の傾向は今後ますます進むと考えられるので, これに対する技術の確立は急務の課題である。小ロット化がすすむと, 連続染色では色替え, 掃除のアイドル時間が逆に実動時間よりも長くなるというケースも起ってくる。したがって小ロット化に適応した柔軟性のある生産システムが必要になってくる。

これらの点から, 柔軟性のある連続染色加工システムの開発と同時に最近ではバッチシステムの生産方式が再び注目されるようになった。しかしこれは連続染色加工システム以前のバッチシステムに戻ることではなく, 現在のエレクトロニクスや最先端技術を駆使した全く新しい観点に立った生産システムで, 生産量の変更や品種の切換えが容易にできるフレキシブルな生産システムである。今後の社会の生産要求に対して中核となることが期待されている技術である。

そのためには染色工場内の布の流れと加工情報が緊密, 有機的に管理されて, スケジュールされる必要がある。このような柔軟性のある生産システムをFMS(Flexible Manufacturing System)あるいはFMC(Flexible Manufacturing Cell)と言われており, 後者はFMSを構成する基本モジュールで, 個別の加工設備にあたる。

FMC化をすすめることによって⁷⁾, (1)工程の集約と短縮が可能, (2)生産方式に合せた単独運転や組合せ運転が可能, (3)加工条件の変更に対する対応が容易, (4)アイドルタイムを少なくすることができるなどの利点があげられる。

染色工場では各々の加工設備が単独で加工機能をもつことが多いので, 実現可能なユニットについて逐次システム化を計ることが必要である。個々の企業の作業内容によって当然システム化の取組みも異なるはずである。

2.2 FMS化への技術的対応

染色工場のFMS化をすすめるために, いろいろな立場から技術的な対応が行われている。

たとえば, 倉紡と京都機械で開発された「パッド染色機の自動洗浄給液システム」は小ロットの連続染色が増えてくると, 手作業で色替え作業を行っているときアイドル時間が長くなるので, ノンストップで掃除, 色替え作業を自動化するシステムである⁸⁾。布を走行させる「駆動装置」と「染色装置」, 「染液供給装置」の動作をタイミングを合せてノンストップで操作する。駆動装置は本反の高速運転と導布の低速運転を繰返す。導布運転中に染色装置の洗浄, 色替えとガイドロールの洗浄, 拭き取りを自動的に行う。その間給液装置は残液処理, タンク洗浄と送液を行う。この自動色替えシステムによる染色効率を表2に示した。従来手作業で15分必要としたのが, わずか3分で色替えができる。ロット数が増大しても, アイドル時間がいちじるしく短縮され, 同時に作業要員を省くことができる。

捺染工場でも最も関心の深い技術の一つとして, 捺染糊自動調整システムがある。ITMA '79以来各社からいろいろなシステムが発表されている。ITMA '83の中からStork社の“IPS-2000 system”を図5に示した⁹⁾。

表2 連続染色における全自動色替え装置の効果⁸⁾

システム 項 目	従 来 方 式 (手作業による 色 替 え)	ノンストップ システム (全自動色替え)
色 替 え 時 間	15 分	3 分
ロ ッ ト 数	29.1	46.8
生 産 量	29,100m 6,548 kg	46,800m 10,530kg
加 工 時 間 合 計	484 分	780 分
アイドル時間合計	436 分	140 分
生 産 比 較	100	161

染色条件: 60m/min, 平均ロット1000m
作業時間16hr

図5 捺染糊自動調整システム“IPS 2000”
(Stork社)⁹⁾

IPS Data Computerにあらゆる色糊の処法が記憶されており、色糊の調整に必要なデータがIPSから捺染室に送られ、マイコン指示にしたがって色糊容器にストック色糊、元糊、水、薬品などが注入されて混合室に送られる。この装置の性能は色数12色、最大バッチ量60kg、精度1gで、配合に要する時間は2〜3分である。

また染色工場での色合せの試染は労力の多い作業である。実験室用の自動調液装置もいろいろのものが開発されており、CCMシステムと組合せて、色出し数、精度、スピードがいちじるしく向上している。染色工場のFMS化に対応する技術はそのほかにも多い。

3. 単位操作の確立と染色加工工程の単純化^{10,11)}

3.1 染色加工工程における問題点

多品種小ロット化や複雑な加工条件に対応するためには、染色加工の基本単位としての個別加工装置の正確な管理と自動制御が必要となる。染色工場では投入された布が最終工程を終了するまでに、バジング、乾燥、蒸熱、水洗、カレンダーなどの各種工程を経て処理される。しかしこれらの工程が十分解析され、技術として正確に管理できる体制が確立されていないと、周辺の先端技術が導入されても、十分これを利用して生産にフィードバックさせることができない。10年、20年前のトラブルがその原因を追求することなく、同じトラブルが繰り返されている現状では、残念ながら現在の染色工業には先端技術を受け入れる体制が十分整っていないと考えられる。

たとえば連続染色において、染液を均一に絞ることは重要なことである。布幅方向の絞りの不均一による両耳色違いや染料の選択吸収による反末色違いは古くて新しい問題である。これらの点についてはMarshallをはじめ何人かの人によって理論的な研究が行われてきた。しかしこれらの濃度ムラを技術的に完全に制御することはむずかしい。最近では均一に絞るためのパッダーがいくつか開発されているが、これには絞り後の布の水分の正確な計測が必要である。いろいろな水分計が開発されているが、投資メリットを考慮して必ずしも十分な性能をもったものがない。

またバジング浴の染料濃度を一定に保つためには、バジング浴の染料濃度の正確な計測が必要である。染浴の濃度変化を光ファイバーによって検出しようとする試みもあるが¹²⁾、濃厚な染料溶液濃度を正確に測定できる手段はまだ開発されていない。

過熱蒸気による捺染の発色においても、スチーマ内部や布の温度、水分の分布、水分の時間的な変動については全く明らかにされていない。たとえばポリエステル捺染においては、大型スチーマで180℃/5〜8分処理され

ているが、最近では1〜2分でも十分発色することがわかり、小型スチーマも開発されており、蒸熱工程についてもまだ十分明らかでない点が多い。

水洗工程についても、洗浄効率を十分把握する手段がないために、明らかでない点が多いが、試行錯誤の技術的改良によって、20年、30年前と比べると、使用水量はいちじるしく少なくなっている。乾燥機も小型化し、省エネルギー効果が計られている。このほかにも技術的検討を迫られている染色加工工程は非常に多い。

さらにWet on Wetによる洗浄、乾燥工程の省略、一浴一段処理による糊拔—精練—漂白、糊拔—精練—染色などの染色加工工程の連結による工程簡略化も今後のFMS化をすすめる上で重要な課題である。

このような染色加工プロセスについて、技術的な管理の精度が高められ、コントロールできる範囲で操作が単純化されない限り、不良率の減少を計り、多品種小ロットの能率的な生産に対応することはむずかしい。同時にこれらの単位操作について基礎研究の蓄積が必要である。

3.2 染色加工工程における計測技術の進歩^{12,13)}

染色加工における単位操作を再現性のある技術として確立するためには、計測技術の進歩が不可欠である。布の水分、布の温度、蒸気中の水分量、浴中の染料や薬品の濃度が正確に測定できることによって、染色加工工程の管理は飛躍的に向上すると考えられる。最近ではセンサーや計測技術が長足の進歩を遂げ、染色加工技術にも逐次導入されて、プロセスの合理化に役立っているが、染色工業では加工工程での管理要因が多いために、標準的な計測手段をそのまま利用できないむずかしさがある。次に2、3の新しい計測技術について述べる。

(i) 温度計 金属の温度による抵抗変化を利用したセンサーとして金属抵抗素子による抵抗温度がある。またメイトサイエンス社の赤外線センサーは布温度を非接触で計測し、さらにマイコンで布温度を制御する。

(ii) 水分計 電気抵抗式やマイクロ波減衰式が利用されているが、性能、価格面で十分なものがない。最近では2色赤外水分計が開発されている。水に吸収される赤外線の波長の近傍で、水に吸収されない波長の赤外線と比較用として用い、その反射エネルギーの比率から水分量を算出する。

(iii) 湿度 染色加工では乾燥、蒸熱など湿度に関連する工程が多い。金属酸化物やセラミックの水分吸着による電気抵抗測定法。ジルコニア式酸素濃度センサーは空気中に水蒸気が混入した場合の酸素濃度から水蒸気量を求める方法で、何れも湿度が0〜30%の範囲で計測が可能である。高湿度で正確に計測できる装置はまだない。また音速利用の湿度計は空気中の音速が温度と湿度

図6 苛性ソーダ濃度測定装置¹⁰⁾

により変化することを利用したもので、高温において比較的高湿度の水分量を測定することができる。パッドスチーマ内での発色の管理にも使われている。

(iv) そのほかシルケット工程での苛性ソーダ濃度を比重計とマイコンを利用して、濃度管理する方法はすでに実用化されている(図6)¹⁰⁾。

4. 染色加工における感覚要因の管理

衣料が古くから生活必需品としての機能を果たす役割のほかに、一方で美的感覚を満足する性能がもてられてきた。繊維産業、とりわけ染色加工は深く人間の感性をとり込んだ産業である。消費が高度化してくると、需要の量的拡大はなくても多様化、個性化がすすみ、高級品に対する要求が高くなって、衣料による人間の内面的価値あるいは人間の感性を充足する精神的価値は今後ますます増大すると考えられる。素材や縫製などの要因は勿論のこと、色、柄、風合、光沢など染色加工工程で与えられる感性のソフトテクノロジーは、今後の染色加工技術のなかでとりわけ重要な役割を果たすものと考えられる。

衣料としての染色物にはいろいろな感覚的性能が対応するが、これらの感覚的性能を技術的に管理するためには、染色加工布の感覚的特性とそれに対応する物理的性質を明らかにし、さらにそのための加工条件についての研究および技術の蓄積が必要である。

生物への刺激は感覚器官で受容され、その情報が脳に伝達されて知覚される。染色加工においてはとくに視覚と触覚が重要な関係をもっていると考えられるが、感覚器官の機能についても非常に研究が進んでいる¹⁴⁾。感覚は刺激の対数に比例するというWeber-Fechnerの法則も意外に適用範囲が狭いといわれている。

風合についてはいろいろな官能特性の試験法が提案さ

れており、物理試験法との対応などについてもよく研究されている¹⁵⁾。

たとえば、絹は衣料用素材として、その光沢、風合などの感覚的性能は繊維の一つの理想であり、いろいろな立場から研究されている。ポリエステル繊維に絹状の性能を与えるために、素材の立場からの研究¹⁶⁾、絹鳴りの研究¹⁷⁾、絹状光沢の研究¹⁸⁾などがある。またポリエステルジョーゼットやポリエステル/綿混織物にしなやかな柔軟性を与えるための減量加工は現在ではごく一般的な加工法となっている。

衣料品がこのように人間の感性に深くかわりをもつ限り、染色加工技術を駆使して感覚的魅力にあふれた商品展開をすすめることは、今後の繊維産業にとって極めて重要な位置を占めると考えられる。

文 献

- 1) *Melliand Textilber.*, **64**, 840 (1983)
- 2) たとえば、脇田登美司, 染色工業, **31**, 2 (昭58)
- 3) 日立金属, 特開昭53-119384 (昭53-10-18)
- 4) M. Moser, *Textilveredlung*, **17**, 480 (1982)
- 5) 日本染色協会, 多品種小ロット加工システム調査報告書(昭59)
- 6) *idem, ibid*, p 25 (昭59)
- 7) 中小企業事業団編, FMC入門, 日刊工業新聞社(昭58)
- 8) 栗田征扶, 染色研究, **28**, No.2, 22 (1984)
- 9) 阿部 格, 染色, No.6, 51 (1983)
- 10) 繊維工業構造改善事業協会, 繊維工業の川中段階における技術開発課題とその対応に関するテクノロジーアセスメント, 財団法人日本産業技術振興協会(昭59)
- 11) 小林文夫, 織学誌, **40**, p.542 (1984)
- 12) 麓 泉, 織学誌, **39**, 62 (1983)
- 13) 酒井 清, 織学誌, **40**, p.105 (1984); 酒井 清, 長田泰礼, 染色工業, **31**, No.1~12, (昭58)
- 14) たとえば, 樋渡涓二, 感覚と工学, 共立出版(昭51)
- 15) 布の風合い編集委員会, 布の風合い, 日本繊維機械学会(昭47)
- 16) たとえば, 川口達郎, 化学と工業, **37**, 604 (1984)
- 17) たとえば, 諸岡英夫, 繊維と工業, **35**, p.50 (1979)
- 18) たとえば, 軍司敏博ほか, 織機学誌, **35**, 67 (1984)

(昭和59年10月31日受理)