技術報告

省エネルギー・無人染色 システムの開発

(第1報) 開発の背景とシステム 構成の概要

会 員 石 沢 一 朝*
大 嶽 貞 夫**
林 田 周 治***
中 原 修 一****

1. 緒 言

1.1 背 景

当研究開発は、羊毛・合繊トップ（しの状をした20~30 g/m の繊維束）の染色を対象として行ったものであるが、詳細報告に先立ち、その背景を明らかにするため、染色業界の繊維産業内に占める地位、特性につき述べる。

染色業界は、繊維産業をいわゆる川上、川中、川下に大別した場合、川中に属し、しかもその中核として、川上と川中をつなぐ重要な位置にある。また、業種の性格上、化学、機械、公害、ファッション分野等の幅広い知識集約産業であり、後進国に対し、高度な技術力をもって競争力を保持できる可能性が高く、最近繊維産業の中で重要性が叫ばれている高付加価値化の要の一つとなっている。

しかし、このように重要な部門であるにもかかわらず、その実態は下記条件により、かなり苦しい立場にある。すなわち、

(1) 大部分が受託加工であり、激しい受注競争のため、収益性に限界があり、企業としての経営基盤が弱い。

(2) 多品種・小ロット受注、かつ操業実態として職人的・現場合せの要素が強く、自動化努力も局部的なもの

*K. Ishizawa, Member. 鐘紡 生産技術研究所 所長

**S. Ohtake. 鐘紡 生産技術研究所 主任研究員

***S. Hayashida. 鐘紡 生産技術研究所 主任研究員

****S. Nakahara. 鐘紡 鈴鹿工場 染色課長

The Development of Unattended and Energy-Saving System in Dyeing Process.

Part 1: Background of Development and Outline of Systematic Machinery.

Kazutomo Ishizawa, Sadao Ohtake, Syuji Hayashida,
and Syuichi Nakahara,

Kanebo Ltd., Osaka.

The labor cost and energy cost account for 50~60% and 10~15% of the total cost of dyeing and finishing process respectively. The sum of the two costs amounts to 60~75%. Because an increase of the labor and petroleum cost reluctantly raise the dyeing and finishing cost, it is more needed for an advanced production systems to save both labor and energy. An attempt has been made to develop an unattended and energy-saving system in the dyeing process.

The results obtained in the plant of 8,000 Kg/day, i.e., about 60 batches per day in productivity are:

(1) Labor saving:

i) The number of operators attending to 10 sets of dyeing machines and weighing dyestuffs was reduced from 24 to 4.

ii) Labor productivity of dyeing process including an auxiliary process was increased by about 3 times.

(2) Energy and resources saving:

i) The consumption of steam was reduced to about 1/3.

ii) The consumption of water was reduced also to about 1/3.

iii) The consumption of dyestuffs and chemicals was reduced by about 10%.

(Received August 20, 1979)

に留まらざるを得ない状況にあった。そのため、装置産業的な面を持ちながら、男子主体の労働集約型となって相対的高賃金を余儀なくされ、加えてエネルギー費高騰等の要因もあり、コスト急上昇に圧迫されている（過去4年間で1.7倍）。

(3) 公害では、排水の脱色困難、溶存化学成分が多いことにより処理が比較的困難というハンディを負っている。

従って、染色業界を、後進国の追上げに対し、我国繊維産業立直しの旗手とするには、上記諸特性をふまえての強靱な体質作りが急務であり、当研究開発はこのような観点から、新規技術の積極的な導入および開発、コ

ンピュータ利用技術を中核とする総合システム構築を進め、業界に例を見ない省エネルギー無人染色システムの確立に至ったものである。

1.2 染色加工におけるシステム化の重要性

低成長経済下への突入は、従来から多品種小ロット生産の傾向が強かった染色業界をさらにエスカレートさせ、染工場の染色機は小容量化、多数台化が進み、必然的に品種切替作業に追われる結果となって来た。染色工程は職人の勘を折りまげた煩雑な作業に加え、品種切替が多いことによる複雑な染色付帯作業が要求され、一般には脱労働集約産業化が叫ばれつつも、簡易計装による温度制御から更に進んだ自動化、省力化は技術的にも困難な要素が多くあり、また設備投資メリット、コストパフォーマンスの点から各染工場とも弱気であって、少数の事例を除きほとんどされていない状況にある。

しかしながら、戦争を知らない子供達が若年働労者の中核になりつつある現在、ブルー カラーからホワイトカラー化傾向がさらに進行し、従来の染工場特有の高温多湿の中での複雑な判断作業を伴う肉体的重労働は、若者には魅力がある職場とはなり得ず、後継者を失いつつある現象が出ており、減産のやむなきに至る染工場さえ現われて来た。さらに労働力の質的低下に伴い、個人の熟練度に頼らざるを得ない従来の染工場では、品質を守りさらにはファッション化路線に沿い、多様化する素材あるいはカラー デザイン等で要求される高度な染色加工技術に追従し得ない環境になりつつある。

以上のごとく、染工場を労働集約産業から装置産業へ脱皮させる挑戦は、省力人員だけの投資メリット問題を越えて、企業として染工場を存続させるか否かの問題であり、品質の確保、さらには良質の労働力を確保する上で必須の課題といえる。昭和40年代においては、諸外国では Burlington エンジニアリング社の機械コントロール システム、B. Thies 社の Duomatic、Foxboro 社の染色コントロール システム、Lyman Printing & Finishing 社の DDC システム、Serck Control 社の Celcons Systems、国内では日染一日立ダイマスター、東海染工

のコンピュータ システム、岐阜整染一日立の H-100 システムなどの例がみられる。当社もこの問題に永年取り組み、一般に見られるバッチ式染色機の温度プログラム制御の計装化にとどまらず、バッチ式染色機を多数台有する染工場を一つのシステムとして把握、多くの労力を要する染色の付帯作業も含めた染色工程全体の自動化システムに挑戦を続け、その集大成として染色業界の夢であった無人染色システムを確立するに至った。

またオイル ショック以降のエネルギー コストの上昇は、染色加工費の上昇を招き、省エネルギー染色も同時に焦眉の急となり、染色無人化とあわせ省エネルギー染色への挑戦も同時に行い、その開発にあたった。開発の対象としては、バッチ式染色においてその染色の周辺作業にも複雑さを伴う羊毛・合繊のトップ染色に焦点をあて、省エネルギー無人染色システムの確立をはかった。

2. 当社の開発経過

当社は繊維産業における染色加工の重要性に鑑み、染工場の品質の向上・良質の労働力確保を原点とし労働集約産業から装置産業への脱皮の努力を永年にわたって続け、羊毛・合繊トップ染色ばかりでなく、他染色分野にも適合化を進めて来た。その経過を大別すると表 1 に示すようになる。

第 1 期：〈多数台温度プログラム制御装置開発〉 昭和36～44年

多数台の染色槽の温度プログラム制御装置の開発であり、1台のコントローラにより多数台の染色槽の染液温度をコントロールするという、ロー コスト プログラム制御装置の開発導入をはかり、名人芸といわれてきた染色槽の蒸気バルブ操作を自動化し、だれでも、レサイプに沿った染液の温度プログラムのコントロールが容易に行なえるようになり、色合せ精度向上に大きな成果を発揮し、また作業者 1 人で多数台の操作もできるようになり、生産性も約 2 倍に向上した。

第 2 期：〈染色作業および付帯作業の自動化〉 昭和41～48年

表 1 当社の開発経過

染色作業および付帯作業の自動化装置の開発を進め、各種染料の集中溶解・遠隔供給および染液輸送路の完全自動洗浄方式の実用化、10数種の染色助剤の自動計量投入、さらに染色槽操作（給排水、浴比調整など）の自動化装置を、第1期開発の温度プログラム制御装置と組合わせて鐘紡式全自動染色システム（KFADS）として完成し、作業環境の改善、染色精度向上、生産性向上に多大の成果を挙げると同時に、染色職場の前近代性からの脱皮に大きな役割を果たした。

第3期：〈省エネルギー無人染色システムの開発〉

昭和47～54年

染色準備工程を含む染色全操作の無人化、省エネルギー化、低公害化を主眼として、コンピュータコントロールによる近代的染色工場造りを原点として開発を進めてきたもので、減量下にあっても競争力のあるシステムとして完成させたものである。

上記のように、バッチ染色のシステム化・自動化に飽くなき挑戦を永年に亘って続けて来たことが省エネルギー無人染色システム確立を可能ならしめたと考えている。本システムは当社鈴鹿工場にトップ染色の近代化工場として実行に移され54年6月から本格稼動を開始した。

3. 従来のバッチ式染色工程

羊毛・合繊のバッチ式のトップ染色工程を大別すると、図1のように4つの作業に分類できる。それぞれの作業は、図2に示しているように、多くの人手作業を要

図1 染色工程の作業分類

図2 従来の染色作業

していて、その詳細は次のようになる。

A. 〈原料トップのパッケージ作業〉

原料トップを調合～染色機への装填まで

A₁: 原料トップの調合後、巻芯のボビンを中心に緩巻状のボールトップとして人手操作が容易なる5～7kg 1玉に巻取る。

A₂: 巻上がったボールトップを人手により運搬、秤量を行う。

A₃: 秤量後のボールトップを所定の品種ごとに3～4玉を人手により、染色スピンドルに挿入、プレス（見掛密度 約 0.2g/cm³）のうえ、20～25kg / 本の染色パッケージを形成する。

A₄: 20～25kg / 本の染色パッケージを染色機容量に合わせて組立て（50kgバス2本、100kgバス4本等）染色機へホイスト等を用いて運搬、人手により、染色機と染色パッケージとの接合を行い、染色機への装填を終え、染色可能状態とする。

B. 〈染料溶解投入および薬品計量投入作業〉

B₁: 所定量計量された粉末染料を10～20倍量の温湯または水を用いて、人手により溶解染色開始前に準備する。

B₂: 染色レサイプに合わせ液体を主とした薬品を染色開始前に人手により計量準備をする。

B₃: 染色開始後、染色レサイプに従い、染色機内の状況により必要の都度、事前に準備された染料および各種薬品を染色機内に投入する。

C. 〈染色作業〉

C₁: 被染物トップの装填を確認し、染色レサイプに従い、バルブ操作により、給排水および染色浴比調整、循環ポンプの運転停止、染色機蓋の開閉等、一連の染色に関するシーケンシャルな作業。

C₂: 染色機内の液温を染色レサイプに従い、蒸気バルブ操作により温度プログラム制御を行う。

D. 〈次工程への準備作業〉

染色機内での染色完了後、次工程の再洗工程への準備まで

D₁: 染色パッケージを機内から接合部をはずし、ホイスト等を利用し、人手により搬出する。

D₂: 染色パッケージを再びボールトップに解体、遠心脱水機等により脱水し、次工程の再洗工程への仕掛ける準備を行う。

以上のように、煩雑な作業を色単位毎異なる染料・染料レサイプで間違わずに適用し、微妙な色合せを行うことは至難の技といえ、その作業には熟練を要し、経験者の勘に頼るところが大であった。

4. 新システムの概要

4.1 システム構成

図3は、旧システム、新システムのシステムフロー

図3 旧・新システムフロー

である。斜線で示しているところが無人操作として自動化されている。旧システムでは、染色槽操作の自動化を主とした染色工程の自動化で、染料自動溶解、助剤自動計量などのみで、染色準備および染色後作業（脱水）さらには運搬作業はすべて人手にて行われていた。これに対し新システムにおいては、パンプ巻きという、スライバを連続的にコイリング モーションにより均一にケンスに充填する方式を取入れることによって、搬送、ハンドリングの自動化、無人化をはかるとともに、さらにプレス操作を施し、ケンス充填のスライバを高密度化することにより、スライバ染色における低浴比染色を実現した。

染色後の操作も旧システムにおいては、苛酷な脱水作業を要していたが、新システムでは、高密度化しているために反転して押し出し取らせば、直ちに次工程の再洗機への仕掛けができるという脱水工程の省略がはかれた。

図4は新システム構成フローで各工程ごとの処理内容および工程能力を示す。

図4 新システム構成フロー

生地トップは台車にのせられて所定量（パンプ配台に合わせて仕掛順に必要な量がコンピュータで算出され請求される）トップ倉庫から運ばれてくる。以下新システム構成の概要につき順を追って説明する。

イ) パンプ（ケンスへのスライバ充填・収納）

8台設備しており、処理能力は1本のケンスに30minで約30kgの充填を行う。

生地トップ玉を8～20個を1組として仕掛たうえで、ギリングドラフトを加え均一なゲレン（太さ）とし、コイリングモーションにより整然と積層するように充填する。

原料調合を行うときには、複数品種の原料トップを同時に仕掛ける。

図5 パンプ巻機

図5は巻込み中のケンスを示す。8台のパンプ機は4台ずつ互に向合う形で配置しており、中央に搬送用台車レールを布設している。

巻込みを終えると、パンプ機内で上ふたが仮セットされ、台車により次工程のプレス機へ運ぶ。

ロ) プレス（圧縮・高密度化）

1台の5ton 油圧プレスで、ケンス分離、組立てのハンドリング操作も含め3min 以内に行う能力をもつ。

図6にプレス機の外観を示す。

図6 プレス機

図6で示すように、バンブ機での巻込みは補助ケンスを組上げた形で行う。充填密度は $0.15 \sim 0.2 \text{ g/cm}^3$ である。

プレス機で圧縮、さらに補助ケンスを分離して充填密度を $0.3 \sim 0.4 \text{ g/cm}^3$ と約2倍にする。

プレス機では、圧縮したスライバを充填した実ケンスを計量工程へ送り出す、と同時に空ケンスを導入し、補助ケンスとの結合・組立ても行う。

ハ) 計量 (充填量自動計量)

ローラ コンベヤをもった自動計量機で、スライバをケンス風袋のまま計量する。従ってケンス1個ごとの重量精度を $\pm 0.1 \text{ kg}$ 以内に規制している。

計量値はコンピュータに記憶し、染色時の染料・助剤量算出のデータとして使う。

ニ) ケンス ストレージ (品種・色別仕分け整列)

1系列7ケンス収容コンベヤが8系列から成る。各系列には原料品種・染色機への仕掛順として整列する。

整列の状態を図7で示す。

ホ) 編成 (ケンス7本・3本組みに編成)

図8に示すように、染色機は容量の異なる2種 (3本組み・7本組み) から成る。染色機の装着形状にあわせてケンス配列を編成する。

ターン テーブルと、プッシャーを組み合わせで動作させるため1台にて可能である。

約10 min で1組の編成が行える。編成が完了すると、搬送台車により染色機に装着する。

図9にその様子を示す。

ヘ) 染色 (自動染色)

図7 ケンス ストレージ(写真左上)

図8 編成機(写真中心下、3本のケンスがターンテーブルの上に乗せられている)および染色機群

図9 染色機への装着(写真中央がケンス搬送台車、中央やや右の7本のケンスが染色機に仕込まれようとしている)

完全自動および低浴比型の新規な構造をもつ空気圧型染色機である。蓋自動開閉、自動ふたシール、ケンスロック機構など多くの開発要素をもつ。7本組 (210 kg)、3本組 (90kg) の2機種、10台を装備した。

染色機のサイクル タイムは染法により異なるが約 $120 \sim 180 \text{ min / サイクル}$ である。

染料・助剤は遠隔の専用室から自動送液する。自動染色については後述する。

ト) 反転・取出し (ケンス整列・反転取出し)

染色完了後、再度台車により、ケンスをケンス取出しステーションに運ぶ。ケンス取出しステーションでは、編成機とは逆に、ケンス1本1本を直線に整列させ、順

次上ふた取りはずし、反転押出しにより染上がったスライバを手押し台車上に取出す。

ケンス取出しの反転押出装置は1台であって処理速度は約 2.5 min で1個の取出しが可能である。

空となったケンスは返却コンベヤでプレス機へ返却し、再度補助ケンスと結合する。

また手押し台車は、そのまま次工程の再洗機に仕掛けられる。

いままで述べてきたシステム各構成の全体の流れを図10に示す。

図10 新システム

次に全自動染色システム構成について説明する。

図11はその概念図である。

染色機台のスタート(すなわち原料仕込み)はコンピュータ生産管理システムにより、染色配台としてスケジューリング化している。

従って、この計画に基づいてパンプ機で、所定の原料を所定時に、所定本数巻込む。

巻込まれた原料を1本ごとに計量、計量値は、コンピュータに記憶している。

スタート時になると仕分けコンベヤ上のケンスを編成機で編成し染色機に装着する。

装着が完了すると、染色機上ふたを自動的に閉とし、

完全に閉となったとき、ふた開閉リング、ふたシールを作動し密閉状態とする。さらに上ふたに取付けている油圧シリンダを作動させ、槽内に装着しているケンスを押し下げ完全ロックとする。

以後染色工程に入る。

イ) 水計量投入

軟化水処理装置では原水を軟水として貯槽している。染色機にケンスの装着を終えると、流量計を通して所定量の軟水を供給する。

この量は被染物であるスライバ重量の特定倍数(4~6倍)としている。

ロ) 染色助剤、計量投入

13種の染色助剤は、タンクローリで運ばれてきて、屋外タンクヤードのタンクに移される。タンクのストレージ量はコンピュータで常に監視しており、発性時をを警報出力することになっている。

染色助剤は、染色レサップとスライバ重量とに基づいてコンピュータにて算出し、流量計を用いて所定量、投入する。

染色機への投入は計量タンクを介して行われ、投入後計量タンクは完全洗浄する。

ハ) 染料供給

染料計量はスライバの重量、染色レサップに基づいて算出したうえで、コンピュータ端末装置を用いて、計量作業者に指示される。

計量作業者は所定染料を指示に従って計量し、水溶性の袋に入れ準備棚の指定された番号の所に置く。

染料供給時になると、自動的に準備棚から溶解槽へコンベヤによって搬送投入し、温湯により溶解する。溶解後、染色機へ輸送する。輸送後溶解槽は自動的に完全洗浄され次に備える。

溶解は約 15min で完了する。

ニ) 排水

染色完了後の排水は濃厚排水、稀薄排水とに分けられ、それぞれ別の処理を施している。

図11 全自動染色システム概念図

染色水洗工程は、水使用量が少ない、バッチ水洗方式を採っており、バッチ水洗回数、染色レサイブなどにより、排水ルートを加換え排水処理コストの低減をはかっている。

図12には全自動染色システム フローを示す。

図12 全自動染色システム フロー

上述の自動搬送、自動染色システムはすべてコンピュータにより制御している。

コンピュータ システムの概要およびレイアウトを図13に示す。

またコンピュータ室内の写真を図14に示す。

コンピュータ システムは染色生産計画入力を起点として、全システムが染色技術ファイルを参照しながら稼

図14 コンピュータ室

動し始めるシステムとしており、1人のオペレータで操作している。

また工場レイアウトは、物流が停滞なく、直線的に行われるよう配列しており、染色付帯設備、コンピュータ室などの管理室は中央側部に設けている。

4.2 成果の概要

本システムは、当社鈴鹿新設染色工場として開発導入を実施、54年6月から本格稼動に入っている。

本システム導入による成果は日産8 000kg・hr(月産180 ton)において、表2に示すようになる。

加工コストにおいても、競争力あるものとなっている。

5. 開発の要点

省エネルギー・無人染色システムは、次の開発要素を組み合わせ達成したものである。

- イ) 低浴比染色方式
- ロ) 自動染色システム
- ハ) 自動搬送システム

図13 コンピュータ制御システムおよびレイアウト

表 2 開発成果の概要

項	目	効	果	備 考
省 資 源	染料・薬品(10%減)	11ton/月→10ton/月		低公害化
	染色水量(1/3に減少)	2 700ton/月→900ton/月		節水
	洗浄水量(1/3に減少)	23 000ton/月→7 500ton/月		〃
	廃水処理量(1/30に減少)	26 000ton/月→800ton/月		低公害化
省エネルギー	蒸気量(1/3に減少)	1 100 スチームton/月→380 スチームton/月		省エネルギー
省力	労働生産性(3倍強)	2.6ton/月・人→8.2ton/月・人 (68人) (22人)		省力

ニ) コンピュータ制御システム
開発の要点を順に説明する。
イ) 低浴比染色方式
低浴染式の開発は、省エネルギー、省資源、低公害型染色方式の実用化を目的として推進したもので、スライバを高密度充填としたところに開発要点がある。
スライバを高密度充填したうえで染色するという方式を実現するため下記装置を新規に開発した。
i) スライバ収納ケンス
ii) スライバ充填装置
iii) プレス装置
iv) 編成装置
v) 低浴比染色機
vi) 反転取出装置
ロ) 自動染色システム
品質向上、省力化を目的として永年にわたって開発推進してきたもので、鐘紡式全自動染色システムとして多大の成果を生んできた。
開発の要点は操作の自動化による省力化、誤操作の防止、レサイブ再現性実現による品質の安定化であり、本システムは主として次に示す装置から成る。

i) 染色槽温度プログラム制御装置
ii) 染色槽操作のシーケンス制御装置
iii) 染色付帯作業の自動化装置
ハ) 自動搬送システム
省力化を目的として実施したもので、ロボット技術、コンピュータ利用技術を駆使していることがその要点であり、次に示す装置を指す。
i) 搬送台車(ロボット機構付)
ii) 仕分けコンベヤなど仕分け装置
iii) 搬送制御装置
ニ) コンピュータ制御システム
効率化・最適化生産のための情報管理・染色・搬送などのプラント制御を目的として開発したもので、大量情報処理の一元化・高速化——マン・マシン・コミュニケーションの容易性・変更処理対応の柔軟性がその要点であり、次のサブシステムから成る。
i) プラントコントロールシステム
ii) 計画作成・進度管理システム
iii) 入出庫管理システム
iv) 染色技術情報ファイリングシステム
次回は各システムの開発内容について説明する。