

産・学・官・金 スポットライト

〔研究紹介〕 超臨界流体染色の現状と問題解決策

福井大学 産学官連携本部 名誉教授 堀 照夫

1. はじめに

超臨界二酸化炭素流体 (scCO_2) を媒体として繊維を染色するアイデアは 1991 年のドイツの論文に始まる。助剤が不要、吸着されなかった染料の回収、乾燥工程が不要、さらには廃液が出ない、などのメリットを有し、大変注目された。その後、福井大学でもこの研究が開始され、2001 年には、国の支援の下、世界で最初の超臨界流体染色機を完成させた。しかし、これは実生産には至らなかった。大きな初期投資と、圧力容器の法基準の壁が立ちはだかった。その 2 年後、オランダの



DyeCoo 社の超臨界流体染色機 (3 チューブで 1 セットとしているタイの Tong Siang 社では 2 セットが導入され 2009 年から稼動。台湾の 4 社にも導入済み)

DyeCoo 社が超臨界流体染色機の市販を開始 [2]、2009 年に第一号機がタイの染色工場に導入され、俄然注目が集まった。ここでは現在、年間 160 万ヤードのニット生地が染色され、Nike、Adidas、Puma、Mizuno 等のスポーツアパレル企業に供給されている。

2. 現状と今後の問題

しかし、問題はまだ山積みである。具体的には①ポリエステルニットのみ②染色後の釜洗浄方法③機能加工への展開、などである。我々のグループでは長年掛けて超臨界流体染色の原理を明確にし、この原理を有効に活用することで次のテーマを解決してきた。

1) ポリエステル繊維以外の染色

DyeCoo 社の装置にはある意味欠点があり、染浴での内部循環方式のため目の細かい織物の染色に対応できない。日本で開発されている外部循環ではこれが解消できる。染料の選択により、ナイロンの染色可能であり、世界で開発途上にある分散型反応染料では綿などの天然繊維も染色できるようになる。

2) 釜洗浄

現状では、染色後、 CO_2 で簡単な洗浄後、釜内部を、溶剤を含んだ布で拭き取ったり、棄て染めする方法が行われている。適切な洗浄剤がない。後述のように、我々は専用の洗浄剤を開発している。

3) 機能加工

染色以外に、繊維に撥水性、防炎性、吸水性などの特殊な機能を付与するための研究は福井大学以外ではほとんど行われていない。本学での研究成果は次節に記述する。

3. 新規開発

3. 1 ポリプロピレンの染色

ポリプロピレン繊維 (PP) は夢の繊維として登場したが、染色できないという大きな欠

点のため普及が遅れた。これは繊維高分子内に官能基を持たないためである。我々はこれを克服するために繊維構造と類似した長い炭化水素鎖（ここでは *n*-オクチル基）を導入することで PP 繊維を染色できる染料を開発した（図 1）。これらの染料で染色した PP 織物の染色堅ろう度はいずれも実用レベルをクリアできている。

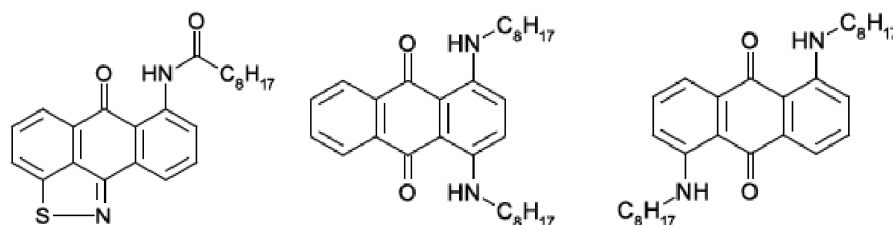


図 1 ポリプロピレンを染色できる分散染料（左：黄、中：赤、右：青）

3. 2 高分子機能剤の繊維内への注入と固定

まず、ポリエステル繊維を対象に、これを親水化する目的で、分子量 1,000 のポリエチレングリコール PEG1,000 を超臨界二酸化炭素に溶解させ、PET 繊維と投入し、30MPa、120℃で処理を行った。約 0.6wt% の PEG が注入されたことが分かった。また、PEG 部をオスミウム酸で染色し、PET 繊維内部の分布を調べたところ内部まで均一に注入されていることを確認した（図 2）。加工繊維は吸水性であった。

類似な挙動は、シリコンオイル（分子量 5,000）やキトサン乳酸塩（分子量 3,500～5,000）でも得られ、それぞれ、高撥水性、高抗菌性を示し、高い耐洗濯性も示した。

3. 3 超臨界流体染色後の釜洗浄剤の開発

二酸化炭素が媒体となる染色で、染色後には釜に吸尽されなかった染料の他に、ポリエステル繊維から抽出されたオリゴマーや繊維が持ち込んだ水などが残る。中でも釜表面に付着した染料とオリゴマーの除去は容易ではない。我々は二酸化炭素分子にいくらか溶解し、染料やオリゴマーと親和性を有すると思われる化合物を合成し、釜の洗浄効果試験を行った。すでにいくつかの化合物について超臨界染色後の洗浄剤として特許申請しているが、ここでは構造は開示しない。

4. おわりに

人口増加、開発途上国での工業生産の増大などの理由で、地球環境の汚染が止まる所はない。1 kg の繊維の染色にトータルで 200L もの大量の水を使用し、大量の汚染された廃液を出す「染色・加工」は今の時代にあって Low Tech と言われても仕方がない。美しい環境を保つためにも水を使わず、廃液を出さない染色・加工法が定着する時代は、遠くはないはずである。環境問題も取り入れた 2020 年東京オリンピックでは、水系染色した繊維製品はほとんど利用されなくなっているであろう。

（内容に関するお問い合わせなどは福井大学産学官連携本部までどうぞ）

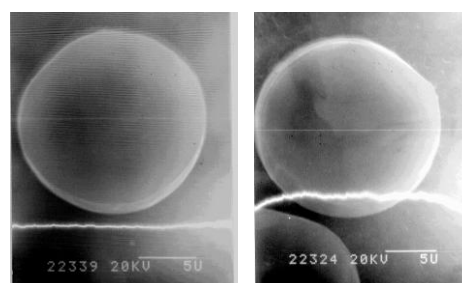


図 2 ポリエステル単繊維内部の PEG1000 の分布（左：未処理（ブランク、0s 酸の吸収なし）右：PEG1000 処理（内部まで均一に PEG が存在）