ナノスケール加工技術による新素材・新製品開発

天野 慈朗 AMANO Jiro
東レ株式会社

1. はじめに

ナノテクノロジー（以下：ナノテク）とは、原子や分子の配列をナノスケール（ 10^{-9}m ）で自在に制御することにより、望みの機能や性質を持つ材料を作り出す技術のことである。ナノテクは、リソグラフィや極微細加工技術などのようにマクロスケールのものを小さく加工する「トップダウン技術」と、ナノマニピュレーションと呼ばれる原子・分子をひとつひとつ積み上げて構造体を作る技術などのように、ナノスケールあるいはそれ以下のサイズのを組み上げていく「ボトムアップ技術」に大別され、ITや医療などをはじめとする分野で大いに活用が期待されている。

繊維の分野においても最近ではナノテクを謳った繊維製品が次々と上市され、店頭を賑わせているが、中には従来の加工技術の改良技術を「ナノテク」加工技術と称しているものも少なくない。そのため、ユーザーの間では「ナノテクを使っていない従来品との違いがわからない」「ナノテクを使用しているという謳い文句に対して機能が伴っていない」などとの指摘も出ているのが現状である。

このような状況において、当社は、「ナノテクは将来に向けての重要な基盤技術である」と捉え、単なる商売上のブームに終わらせないために、「本物の技術」、「高い機能を持った技術」によりユーザーへの訴求を行っている。当社は、単繊維1本1本の細さがナノオーダーである「ナノファイバー」を始め、様々なナノテク関連の繊維製品開発を進めているが、ここでは繊維高次加工におけるナノテクの使用例として「ナノスケール」加工技術をご紹介します。また、この「ナノスケール」加工技術を適用した新製品開発事例についてもいくつかご紹介したいと思う。

2. 「ナノスケール加工技術」の考え方

当社は、当社独自の考え方として、「ナノスケール加工技術」を「処理対象、処理薬剤、処理後の構造のいず

れかがナノスケール（100nm以下）で自在に制御（コントロール）された加工」であり、「新たな機能の発現、あるいは通常加工対比その特徴・機能・適用範囲が格段に向上した加工技術」であると定義している。つまり、繊維、薬剤、加工形態といった構造がナノスケール（＝「見てわかるナノ加工技術」）であり、それによって新たな機能の発現、機能の複合化、従来機能の格段な向上、適用素材、用途の拡大といった性能が得られる（＝「着てわかる革新的な機能性」）ことで、従来品との大きな相違点を実感できる技術であることをコンセプトとして開発を進め、ユーザーへ訴求している。

3. “ナノマトリックス”加工技術

当社の「ナノスケール加工技術」として開発に成功し、実用化した技術のひとつに“ナノマトリックス”がある。“ナノマトリックス”とは、布帛（織・編物）を構成する単繊維の一本一本に、ナノスケールの分子集合体からなる機能材料被膜を形成する技術である。

“ナノマトリックス”は、布帛に機能性を付与する目

図1 SEM写真
アルカリでPETを溶解し、被膜した機能材料を残した写真

的で「自己組織化」という概念に着目し、機能材料と繊維素材（ポリマー）との相互作用や反応の条件（温度、圧力、磁場、電場、湿度、添加剤など）を制御することにより、単繊維の1本1本に対して10～30nmという被膜を形成（秩序ある付着）させ、表面を覆うことに成功している。従来加工では単繊維間隙や、繊維組織の交差部分に機能材料が不均一に付着（無秩序な付着）するのに対し、本加工技術では、単繊維の1本1本に対してナノスケールで機能材料の配列、分子集合状態を制御することが可能である（図1）。

この技術により、単繊維のそれぞれが均一な機能材料の被膜で覆われるため、例えば、衣服の着用時に布帛伸縮によって起こる、不均一付着の機能材料の剥離、脱落

や、組織拘束による布帛の風合い変化などの問題が解決され、布帛の風合いを損なうことなく、安定した機能を発揮できるようになった。また、単繊維の1本1本の連続被膜となることで、被膜の表面積が格段に大きくなり、機能性のレベルや耐久性をこれまで以上に向上させることができる。さらに、ナノスケールでの機能材料の配列、分子集合状態を制御することで、例えばある程度の水分の吸着を必要とする制電加工と、水分を寄せ付けない撥水加工のような、相反する機能の複合化も可能となった。

4. “ナノマトリックス” 実用例①： “ルージュオフ”

“ナノマトリックス”を用いて実用化し、上市した商品のひとつに“ルージュオフ”がある（図3）。

“ルージュオフ”は、口紅やファンデーションなどの化粧品が付着しても家庭洗濯で容易に落とすことができる、女性のためのクリーン機能素材（天然繊維や化繊との素材複合を含む繊維編物素材）である。レディース用のシャツ、ブラウス、カットソー向けの薄地から、ジャケット向け中肉厚地までのバリエーションを揃え、2005年秋冬シーズン向けから展開を進めている。

技術要素としては、“ナノマトリックス”により単繊維の1本1本に特殊機能高分子をナノスケールで被膜形成し、化粧品の付着による汚れに特化した高機能SR（Soil Release：汚れ除去）剤と、イオン性高分子のSR促進剤とを複合加工することで、機能を発現させている。

高機能SR剤は疎水基と親水基を持っており、着用時には疎水基が生地表面を覆って付着した化粧品が生地内部に浸透するのを防ぐ。洗濯時の水中においては、疎水基と入れ代わって親水基が生地表面を覆う「フリップ・

図2 “ナノマトリックス”加工と従来加工との違い

図3 東レ “ルージュオフ”

図4 汚れ除去のメカニズム

フロップ現象」が起き、汚れを押し出すことで効果的に除去する。またSR促進剤は、水中でイオン化している汚れを電氣的に反発させ、除去効果をより高めている。さらに、“ナノマトリックス”を組み合わせることで、通常の撥水・撥油加工では高い効果が得られない天然繊維や化繊との素材複合での汚れ除去性を向上させると共に、静電気の発生を押さえる効果を発揮し、加えて、洗濯による機能低下や当該加工による風合い変化を押さえることに成功している。

5. “ナノマトリックス”実用例②： “アンチポラン”NT

“ナノマトリックス”を用いた商品のもうひとつの例として、2006年春より展開をしている新素材“アンチポラン”NTがある。

“アンチポラン”は、「花粉が付きにくく、落ちやすい。また、衣服内部に入り込みにくい」ことをコンセプトとする花粉付着抑制機能素材である（図5）が、“アンチポラン”NTは、“ナノマトリックス”を使用することで自由な機能複合化を可能にし、婦人分野からスポーツ・カジュアル分野まで幅広い用途展開ができる新素材である。

技術的には、“ナノマトリックス”技術を応用した「緻密化被膜技術」により、親水性の機能材料を単繊維の1本1本に被膜し、緻密構造と制電機能で高度な花粉付着抑制機能を実現している。さらに“ナノマトリックス”技術によって、疎水性から親水性までの機能付与など自由な機能複合化を可能にしており、例えば婦人分野には吸水機能、スポーツ・カジュアル分野には撥水機能など、用途別の要求特性に応じて機能を選択・付与することができる。

“アンチポラン”NT
図5 花粉の付きにくさ

一般撥水加工品

6. “ナノマトリックス”実用例③： “タップガード”NT

“ナノマトリックス”を用いた商品のもうひとつの例として、2006年春より展開をしている新素材“タップガード”NTがある。

“タップガード”NTは、防汚性に関して業界で初めて、「SG性（汚れがつきにくい性質＝汚れにくさ）」と「SR性（ついた汚れが落ちやすい性質＝落ちやすさ）」の両面について、家庭洗濯50回後の3級以上を確認している。「SG性」によって、衣服に付着した汚れは従来品に比べティッシュやハンカチで除去しやすく、「SR性」によって、汚れが完全に除去できなかった場合にも、家庭洗濯で容易に落とすことが可能である。本素材は、ナノテクを使うことで「SG性」、「SR性」の両方を業界最高レベルの洗濯耐久性とすることに成功した。また、防汚性と同時に撥水性・撥油性についても同様に高い洗濯耐久性を有している。

一般的に汚れとは、親水性と親油性の成分が混在しており、汚れがつきにくくするには、撥水性と撥油性を高いレベルで同時に持たせることが必要である。本素材は、汚れに対する撥水性と撥油性を高める「撥水・撥油バランス制御技術」によって従来よりも高い「SG性」を実現した。また、洗濯時には親水基が繊維表面に現れ、織

（比較）従来織物 “タップガード”NT

図6 ソース接触角比較

（比較）従来織物 “タップガード”NT

図7 ソースSG性評価比較

表1

	用途例	花粉防汚性 付きにくさ／落ちやすさ 東レ／化検法	用途別 必要特性		
			撥水性 JIS L1092 スプレー法	吸水性 JIS L1907 滴下法	制電性 JIS L1094
一般撥水加工品（比較）	アウター	1-2 / 1-2 級	4 級	—	4000 ～ 8000V
“アンチポラン”NT	アウター	4 / 4 級	4-5 級	—	500 ～ 900V
“アンチポラン”NT	ブラウス	4 / 4 級	—	1 秒以下	

表2

		評価方法	“タッガード” NT	従来 “タッガード”
家庭洗濯		(JIS103)	50 回後	20 回後
撥水性（スプレー法）		(JISL1092)	4 以上	2 以上
撥油性		AATCC 法	4 以上	4 以上
食品 防汚性*	汚れの付きにくさ（SG 性）	東レ法（グレースケール）	3 以上	—
	汚れの落ちやすさ（SR 性）	東レ法（グレースケール）	3 以上	3 以上

維表面から汚れ成分が離れやすくすることで、「SR性」を発現している。

また、10～30nmの薄膜を繊維の周囲に連続的に形成させる“ナノマトリックス”技術により、撥水・撥油の機能を持った特殊加工剤を、単繊維の1本1本にナノスケールの分子集合体で均一に皮膜形成している。これにより、従来の生地塗布するタイプの加工に比べ機能剤の厚みムラが無いため、着用や洗濯などによる機能剤の脱落が起こりにくくなり、洗濯耐久性が格段に向上する。加えて、被膜による繊維間の拘束がないことから、風合いへの影響が少なくなっている。

7. おわりに

東レは中期経営課題“プロジェクトNT-II”において、事業構造改革による事業拡大・収益拡大を目指し、“攻め”に転じるための経営課題として「先端材料事業群の拡大」を掲げている。ナノテクノロジーは其中で中核を成す、東レグループが保有する技術のひとつであり、今後もその技術を駆使して、一層高難度な技術や高機能を持った新技術を開発し、消費者に信頼される高品質な商品を提供していく。

天野 慈朗（あまの じろう）

昭和54年、京都大学大学院工学研究科修士課程（工業化学専攻）修了、同55年、東レ(株)入社。繊維研究所において、コーティング、機能加工、染色加工技術の研究に携わり、平成13年1月からテキスタイル開発センター第2開発室長として、染色仕上加工技術の開発を担当。平成16年6月からテキスタイル開発センター所長に就任、現在に至る。

研究会、 研究委員会

本学会には次の研究会、研究委員会が設置されています。会員各位のご入会を歓迎します。詳細は事務局まで。

繊維研究委員会	委員長 喜成 年泰
テクテキスタイル研究会	委員長 赤井 智幸
不織布研究会	委員長 矢井田 修
コンポジテックス研究会	委員長 横山 敦士
染色加工研究会	委員長 改森 道信
染織品と染織文化財研究会	委員長 中嶋 鉄利
繊維リサイクル技術研究会	委員長 木村 照夫
テキスタイル科学研究会	委員長 山口 新司
海外資料研究会	委員長 米田 守宏
企業心理と消費者心理研究会	委員長 辻 幸恵
生物資源繊維研究会	委員長 古澤 壽治
繊維構造プロジェクト研究会	委員長 座古 勝