

## エレクトロスピンニング法を用いた糸表面加工技術および加工装置の開発

東山幸央, 中野恵之, 原田知左子, 瀬川芳孝, 古谷 稔, 藤田浩行, 近藤みはる, 有年雅敏

要旨 汎用糸の表面にナノファイバーを固定化する加工技術および加工装置を開発した。バインダーを用いずに固定化するため、繊維直径が非常に細いナノファイバーの微細構造が糸表面に露出し、独特の触感・風合いが発現しやすくなる。また、汎用糸が芯となるため、製織に必要な強度も確保でき、製織工程への適用が期待できる。

### 1 緒言

今後の繊維製品が高付加価値化を目指して進むべき方向として、極細繊維（ナノファイバー）化が有望視されている。繊維直径を非常に細くすることにより、独特の風合い（触感等）や極薄・極軽量化、通気抵抗の減少などの新たな機能性を付与できる。

エレクトロスピンニング法は、ナノファイバーを比較的簡便に作製できる手法であるが、本法により作製されたナノファイバーの用途は、フィルター等の産業資材分野が主で、衣料などの織物分野に適用されることはほとんど無い。この要因として、ナノファイバーが連続した糸ではなく不織布状で得られることと、ナノファイバー単独では強度が低く、製織できないことによるものである。

本研究では、汎用糸（綿糸）の表面にナノファイバーを吹付加工・固定化させることにより、強度を上げて製織を可能にするとともに、織物分野への適用を目指すための糸表面加工技術および加工装置の開発を行った。

### 2 実験方法

図1に開発したエレクトロスピンニング糸加工装置の写真を示す。本装置を用いて糸表面にナノファイバーを吹付・固定する方法は、以下の手順で行う。

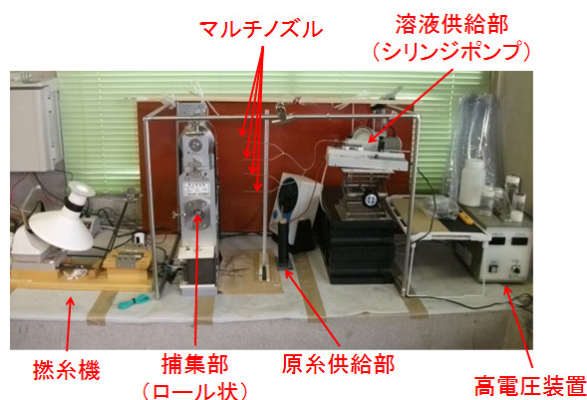


図1 エレクトロスピンニング糸表面加工装置

- ① ポリエチレンテレフタレート（再生ハップ材）の10wt%HFIP（ヘキサフルオロイソプロパノール）溶液を溶液供給部のシリンジに充填しマルチノズル部に送液する。
- ② ノズル部に12kVの電圧を印加し、原糸供給部より送られる綿糸と同速度で回転するロール状の捕集部に向けてエレクトロスピンニングを行い、綿糸表面にナノファイバー層を積層させる。

③ この糸を捕集部より切り出した後、撚糸機で撚りをかけて巻き取る。

### 3 結果と考察

エレクトロスピニング表面加工の状況を図2に示す。ロール状の捕集部はステンレスベルト製で、ロール下部より綿糸が供給される。ノズル先端よりエレクトロスピニング噴射が起り、ナノファイバー層が綿糸の表面に積層された後、ロール上部の回転刃により切り出され、撚糸機に送られる。ノズル本数を増やすことによって、単位時間当たりのナノファイバーの吐出量が上がり、糸表面への加工速度を高めることが可能である。例えばノズル6本用いた場合、1m/minの加工が達成できる。

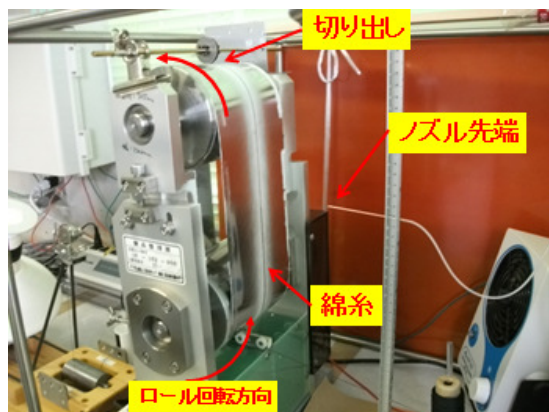


図2 エレクトロスピニング表面加工の様子

撚糸工程の状況を図3に示す。撚糸前の綿糸には、平テープ状のナノファイバーが積層しているが、トップローラー・ガイドを通過後、回転するフライヤーにより撚りがかかって振れている様子が確認できる。

図1の装置を用いて作製したエレクトロスピニング表面加工糸の写真を図4に示す。黒色の綿糸の表面が白いナノファイバー層で被覆され、白い糸の様に見える。加工前後の糸の電子顕微鏡写真を図5に示す。綿糸表面が上手く被覆されていることが確認

できる。

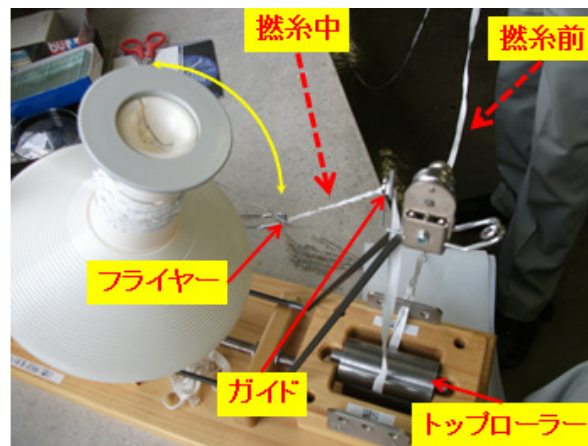


図3 撚糸の試験の様子

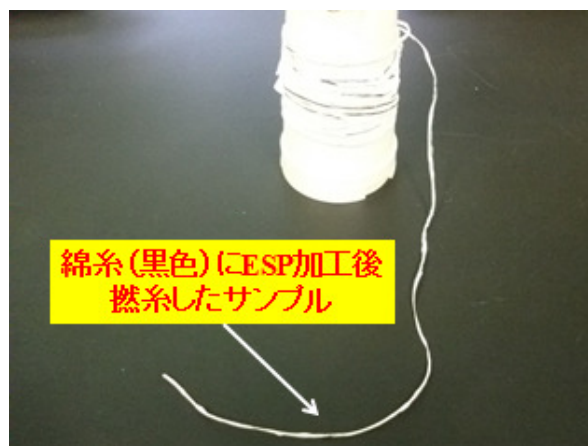


図4 エレクトロスピニング表面加工糸

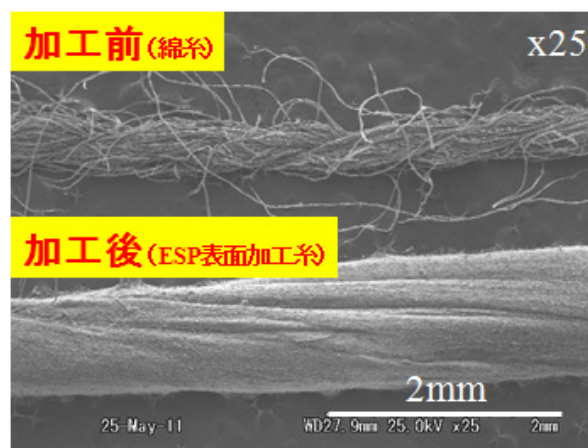


図5 加工前・後の糸の電子顕微鏡写真

また図5より、本研究の新規性は、綿糸を撚ることでナノファイバー層を挟み込む

ことにより、バインダーを用いずに綿糸表面にナノファイバーを固定することである。

ナノファイバー層を固定するため、バインダーを用いると、ナノファイバー自体がバインダーに埋もれるため、ナノファイバーの微細構造が綿糸表面に露出しないため、独特の風合い（触感）が得られない。しかし本方法を用いると、ナノファイバーを表面に露出させた状態で、糸表面に固定化することができる。

エレクトロスピンニング表面加工糸の表面を拡大した電子顕微鏡写真を図6に示す。繊維直径 200nm 以下のナノファイバーが確認できる。

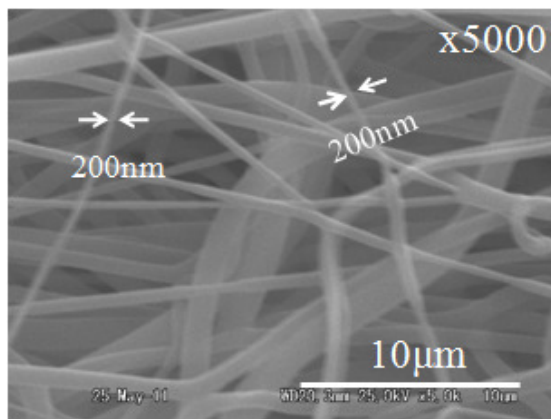


図6 エレクトロスピンニング表面加工糸表面のナノファイバーの電子顕微鏡写真

本研究では糸の製造ラインを1本で行ったが、6本のノズルを糸の進行方向に対して縦一列で並べた場合でも、エレクトロスピンニング噴射によりナノファイバーが積層する幅は60~80mmある。本研究では6mm幅で切り出しているため、10ライン程度の並列加工は可能であると考えられる。したがって、並列に2列（ノズル12本）・3列（ノズル18本）とノズルを増設することも可能であり、その分加工速度・生産効率は向上することになる。

#### 4 結 言

本研究では、エレクトロスピンニング法によるナノファイバーを織物に適用するため、綿糸を芯材としてナノファイバーを綿糸の表面に積層し、撚りをかけることによって固定化することを目的としたエレクトロスピンニング糸表面加工装置を開発した。

その結果、綿糸をポリエステルナノファイバーで被覆したエレクトロスピンニング表面加工糸の作製に成功した。ノズルを6本用いることにより、加工速度1m/minが可能になった。

今後は、水溶性ビニロンの糸を芯材にしてエレクトロスピンニング表面加工糸を作製し、この糸を製織することにより、水溶性ビニロンとナノファイバーの混紡布を作製する。その後水溶性ビニロンを溶解処理することにより、100%ナノファイバー織物が作製できると期待できる。