

ナノファイバ紡糸装置の開発

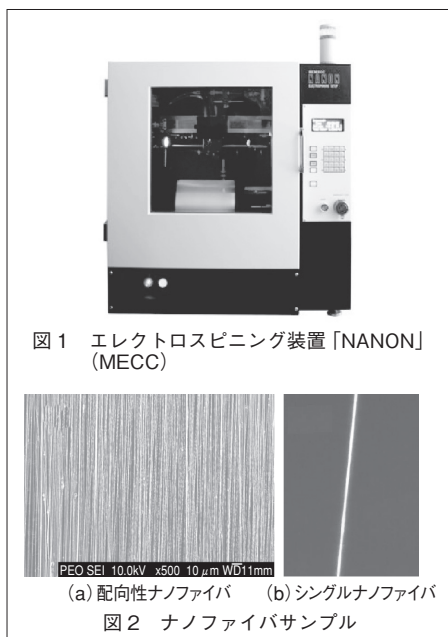


図1 エレクトロスピンニング装置「NANON」(MECC)

(a) 配向性ナノファイバ (b) シングルナノファイバ
図2 ナノファイバサンプル

1. はじめに

近年、直径 $1\mu\text{m}$ 以下すなわち、ナノスケールの極細繊維／ナノファイバが注目を浴びている。ナノファイバからなる構造物は、その径が細くなるほど、飛躍的に比表面積が増すという特長をもつ。この点から、フィルタをはじめ、防護服、デバイス、センサ、複合材料強化材と、多くの分野で用途展開が期待されている。

また、人の体の組織にはナノファイバと同様の構造が多く見られる。生体模写の観点から、再生医療分野ではナノファイバは非常に興味深い素材である。加えて、創傷材料、ドラッグデリバリーへの活用と、医療分野におけるナノファイバの実用化の可能性は大きい。

2. エレクトロスピンニング法

現在、最も注目されているナノファイバ紡糸法の一つとして、エレクトロスピンニング法が挙げられる。発案されたのは、1902年とその歴史は古いが、脚光を浴びだしたのは1990年代に入ってからである。アメリカを始め、現在では日本を含め、多くの国でエレクトロスピンニング法／ナノファイバについての研究が行われている。

その他の紡糸法と大きく異なる点は、高圧電源を用いることである。高

圧を印加した溶液を、細いノズルから電位差によって引き出し、ターゲット／コレクタ上に噴きつけることで、シート状のサンプルを作製することができる。このとき、ノズル先端から引き出された溶液（以下、ジェットとする）は、高圧により発生した電場の影響によって、らせん軌道を描きながらコレクタへと引き付けられる。ジェットは、らせんを描く過程で、溶媒の揮発または電気的な延伸を経て、その径をナノスケールへと縮小していく。

エレクトロスピンニング法の特長としては、以下の点が挙げられ、これらが他の手法に対するエレクトロスピンニング法の優位性である。

- (1) 材料の選択肢が広い。
- (2) 連続したナノファイバが紡糸可能。
- (3) ナノファイバのパターニングができる。
- (4) 大量生産化が可能である。

3. エレクトロスピンニング法にかかわるパラメータ

紡糸されたサンプルの形態は、紡糸にかかわるさまざまなパラメータに依存する。弊社では、装置設計の観点から、制御できるサンプル形態の幅を広げる試みを行っている。

弊社の装置（図1）では、以下に示すさまざまな形態のナノファイバが紡糸可能である。

- (1) 極細ナノファイバ
(最小繊維径：約 10nm)
- (2) 多孔表面ナノファイバ
(ファイバ表面にクレータのようなくぼみを有する)
- (3) ビーズ状ナノファイバ
(繊維長手方向に対して、周期的に膨らんだ部分がある。一定の間隔で並んだ団子を串で通したようなものを想像してもらうとよいかもしれない)

また、特殊なノズルを用いることにより、

- (4) 中空（チューブ状）ナノファイバ
- (5) 芯鞘構造ナノファイバ
(芯側、鞘側がそれぞれ異なる材料からなるファイバ)
- (6) コンポジットナノファイバ

などのファイバを紡糸することもできる。

4. 配向性の高いナノファイバサンプル

弊社の装置の大きな特長は、前項で挙げたようなファイバ形態の制御だけでなく、ナノファイバの配向性を変えられる点である。

通常、エレクトロスピンニング法ではプレート状のコレクタが用いられる。

この場合、ファイバがランダムな方向性を持った不織布が作製される。弊社の装置では、高速で回転するコレクタを用いることにより、繊維が一方向に並んだ配向性サンプル〔図2 (a)]の作製を実現した。この手法では、シート状のサンプルだけでなく、ナノファイバ“1本”〔図2 (b)]のみを取り出すことも可能である。

京都工芸繊維大学 小滝准教授の協力のもと、この“1本”のナノファイバを評価した結果、高速で回転するコレクタで作製したナノファイバは、その機械的物性、また電気的特性が向上することが示された⁽¹⁾。この実験結果により、配向性ナノファイバサンプル作製技術は、ナノファイバの並び方のみならず、ナノファイバの特性も制御できることが確認された。材料設計を進めるうえで、強度設計は不可欠である。材料選択だけでなく、紡糸工程の制御からも材料の物性制御が可能であることは、ナノファイバの用途展開をさらに加速させる技術といえる。

5. おわりに

ナノファイバは大きな可能性を秘めた材料であり、高機能フィルタ、再生医療用スカフォールド、電気デバイス、センサ、とその用途は幅広い。弊社は、装置開発を進めることで、さらに配向制御の手法を確立し、ナノファイバの可能性を広げたい。

(原稿受付 2007年9月7日)

〔稲井龍二 (株)メック〕

●文献

- (1) Inai, Kotaki, Ramakrishna, Structure and Properties of Electrospun PLLA Single Nanofibers, *Nanotechnology*, 16 (2005), 208.