

ナノファイバー／ウェブのトライボロジーに関する研究

中央研究所 榎本 祐嗣, 生活工学研究所 製品科学課 金丸 亮二
信州大学繊維学部 金 翼水, 渡邊 圭 (大学院), 佐藤 修一 (大学院)

1. 緒言

エレクトロスピニング (以下 E.S.) 法によるナノ不織布は、透湿防水テキスタイルやクリーン用ワイパーなど産業応用に期待が大きい。これに伴い、ナノファイバーの強度評価やナノ不織布のトライボロジー評価が必要とされる。本研究は、H21～H23 年度の科学研究費基盤研究 (B) にもとづくもので、初年度は次の項目について試験研究を実施した。

- 1) 試作したナノファイバー強度試験機のナノファイバー特性評価と多機能化の検討
- 2) E.S.法によるナノ不織布の創製実験

2. 実験方法

2. 1 試験の概要

(株)レスカと共同開発したナノファイバー試験機¹⁾ならびに帯電電位測定装置を付属した E.S.装置を H21 年度に導入した。

ナノファイバー強度試験には E.S.法で作成したナイロン-6 (260nm 径) ならびにポリウレタン (450nm 径) を用い、弾性率、破断強度試験ならびに表面を金属膜 (Pt-Pa 合金) で被覆したときの影響について調べた。

E.S.法ではスピニング中のナノ不織布の帯電量測定ならびにイオン照射により帯電を打ち消しながら絶縁物 (PP シート) にナノ不織布コーティングする実験も行った (Fig.1)。

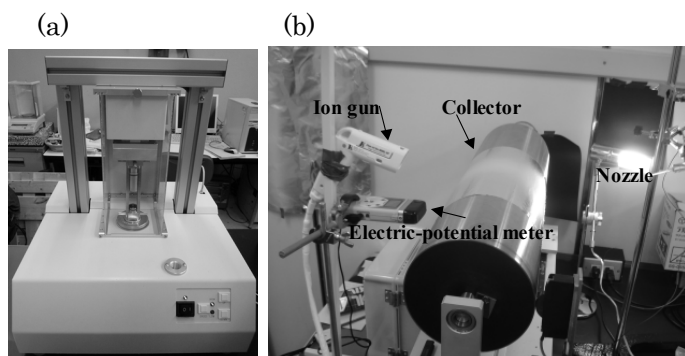


Fig.1 Experimental apparatus (a) tensile strength tester, (b) electrospinning set-up

2. 2 試験方法

2.2.1 引張り試験

ナイロンナノファイバーに Pt-Pd 合金(97:3)膜をスパッタ蒸着 (膜厚 ± 6 nm) した場合としない場合の引張り試験を、大気中、引張り速度 $5\mu\text{m/s}$ で行った。ファイバー保持の際、ファイバー軸と引張り軸を顕微鏡下で精密に一致させ、ファイバー保持したフレームは衝撃がファイバーにかからない方向に切断した。

2.2.2 E.S.法の実験

ポリビニルアルコール (PVA) 水溶液 (粘度; 1290cP) の入ったノズル内の銅ワイヤ電極に $+10\text{kV}$ を印加し、 5rpm で回転するアース電位の円筒コレクタ上にナノ不織布を堆積させた。なおノズル先端からコレクタまでの距離は 17cm とした。

3. 実験結果および考察

3.1.1 ナノファイバーの強度試験²⁾

Fig.2 にナイロン-6 の代表的な応力-ひずみ実験結果を示した。ひずみ量 6%以下では応力-ひずみの関係は 3 回の実験で、ばらつきは見られない。ヤング率は 2GPa で、ナイロン-6 の公称値にほぼ一致する。しかし破断強さは $120\text{--}140\text{MPa}$ で公称値 $470\text{--}640\text{MPa}$ の $1/6$ 程

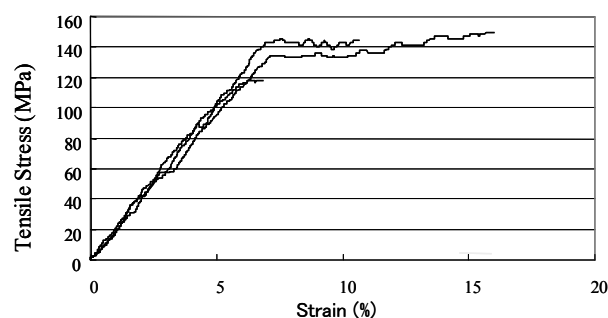


Fig.2 Stress-strain curves of Nylon-6 nanofiber of around 260nm in diameter. Fiber length; 5mm

度であった。また引っ張り強度が最大値に達したのちに直ちに破断したサンプル、さらに延伸したサンプルがあった。不均質な強度構造によると見なせる。

Fig.3 に破断荷重と伸びの試験で金属膜の有無の効果を調べた結果を示す。10 サンプルの破断荷重の平均は金属膜無しでは $8.47\mu\text{N}$ 、一方膜ありでは $6.25\mu\text{N}$ で、被覆により強度は 25%低下した。6nm の薄さでは金属膜はアイランド構造となり、アイランド下地ナイロンの熱収縮にともなうひずみが発生し、強度低下を招いたと考えられる。一方伸び量は、膜ありと無し共に、250～3000 μm の間で大きくばらついたがコーティングの影響は見られない。アイランド構造のため、伸びのばらつきはファイバーの不均質構造による。

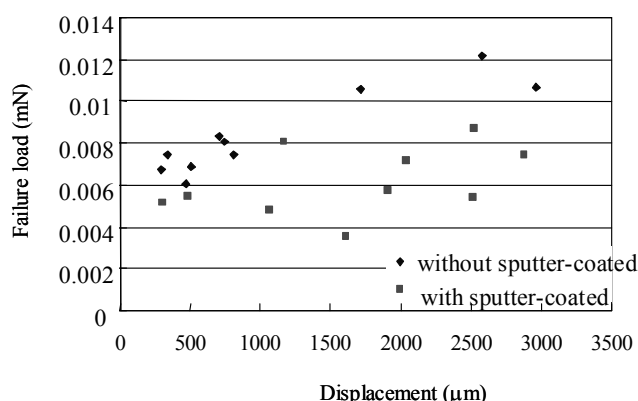


Fig.4 Relationship between fracture strength and elongation of nylon-6 nano-fiber

3.1.2 E.S.プロセスにおけるナノ不織布の帯電効果

Fig.5 に PVA ナノ繊維の帯電量のインライン計測結果を示す。いろいろな下地材の中で、カーボンブラックを含む黒色紙上での帯電量がやや低かったものの、開始から直ちに +12～20V に帯電した。静電気除去エアガンを使用すると絶縁性の PP シート上に PVA ナノ不織布を堆積させることができた。

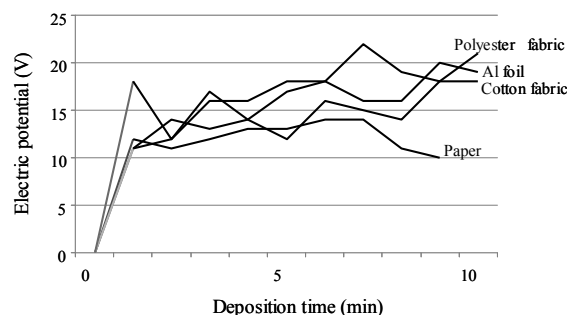


Fig.5 Electric potential during deposition of PVA nano-web

SEM で PVA ナノ不織布を観察したところ、静電気除去エアガンを使用することによりナノファイバーのサイズは 700nm 程度で、ガンを使用しない場合より約 30%太くなった。

4. 結言

試作した極細ファイバー強度試験機を用い、E.S.法で作成したナイロン-6 ナノファイバーの強度を測定できることを確かめた。SEM によるナノファイバーのサイズ測定のため金属コーティングをすると強度が低下するため、形状観察は引張り試験の後に行うべきである。

一方、ナノ不織布の帯電電位を測定したところ、最大で +20V であった。エアガンで静電気除去しながらスピニングすれば絶縁物への堆積が可能となった。

「参考文献」

- 1) 榎本祐嗣、高柳良太 特開 2007-085737
- 2) M.Nagase, I.S.Kim, Y.Enomoto, Y.Ogawara, Y.Kaga, Y.Osawa and T.Takahashi, Mechanical Property Measurements of Nano/Micro-Size Fibers, *Proc. 10th Asian Textile Conference ATC-10* Sep, 709, Ueda (2009) 64-66.

キーワード：エレクトロスピニング、ナノファイバー、ナノ不織布、引張り試験

Tribological Study of Electro-spun Nano-fiber/webs

Central Research Institute, Y. ENOMOTO, Human Life Technology Research Institute, R. KANAMARU, Shinshu University, Faculty of Textile Science and Engineering, I.S. KIM, K. WATANABE, S. SATOH

Young's modulus and tensile fracture strength of electro-spun nano-fiber was successfully measured by means of a specially designed tensile tester. The Young's modulus of nylon-6 nano-fiber was comparable to that of conventional nylon-6, while the tensile strength was 1/6 of the conventional nylon-6. Thin Pt-Pd sputter coating of 6nm thick onto the nano-fiber led to 25% reduction of the tensile strength as compared to that without metal coating.

PVA nano-web was electrified as high as +20V during electro-spinning process. PVA nano-web could be successfully coated onto insulating PP sheet with assist of an air-gun for removal of electrification of the web.