

100%バイオポリエステル poly(ethylene 2,5-furandicarboxylate)の レーザーエレクトロスピンニング：繊維構造形成におよぼす紡糸条件の影響

(京工織大・院工) ○堀内理史, 大塚謙吾, Zongzi Hou, 小林治樹, 田中克史,
(東工大・物質理工) 宝田亘, 鞠谷雄士, (京工織大・院工) 高崎緑

【緒言】

Poly(ethylene 2,5-furandicarboxylate) (PEF)は、植物を原料とするエチレングリコールとフランジカルボン酸から合成される100%バイオマス由来ポリマーである。PEFは、poly(ethylene terephthalate) (PET)に近い性質をもちながら、PETよりも高い弾性率やガスバリア性を示す。

これまでに当研究室では、ナノファイバーを含む極細繊維の製造プロセスとしてレーザーエレクトロスピンニング (Laser-heated melt electrospinning (LES))を開発してきた(Fig.1)。LESは、固体の原繊維を中空パイプ製のノズルから一定速度で送り出しつつ、炭酸ガスレーザー光を照射して瞬間的かつ均一に加熱溶融し、ノズル－コレクター間に印加した高電圧により生じる静電場によって引き延ばして極細繊維を作製する紡糸法である[1]。本研究では、PEFのLESにおけるノズル付近での繊維の細化挙動の解析および得られた繊維の特性評価を行い、各種紡糸条件が繊維の形態及び構造におよぼす影響について検討した。

【実験】

Avantium Renewable Polymers 社製 PEF ペレット(固有粘度(IV): 0.76 dL/g)を原料として、熔融紡糸法により LES 用の PEF 原繊維(繊維径: $139.6 \pm 4.0 \mu\text{m}$)を作製した。紡糸条件は、押出温度: 250 °C, 紡糸ノズル径: 1 mm, 押出速度: 0.471 cm³/min, 巻取速度: 22.4 m/min とした。LESは、ノズル－コレクター間距離を 50 mm, ノズル先端－レーザー光中心軸間距離を約 0.8 mm, 原繊維送出速度を 28.8 mm/min に固定し、レーザー出力を 11~24 W, 印加電圧を 17, 20 kV に変化させて行い、PEF 繊維ウェブを作製した。この際、ノズルは内径: 0.25 mm, 外径: 0.46 mm (26 G)のものをを用い、レーザー光は 0.5 mm 幅スリットによって細幅に調整した。LES プロセスにおけるノズル付近での繊維の変形挙動の動画と静止画を CCD カメラによって撮影後、画像を解析し繊維径プロフィール等を作成した。さらに、LES によって得たウェブ試料について、走査型電子顕微鏡(SEM)・偏光顕微鏡観察などを実施し、諸特性を評価した。

【結果と考察】

各印加電圧(17, 20 kV)について、レーザー出力 11, 24 W での LES におけるノズル付近の紡糸挙動を Fig. 2 に示す。いずれの条件においても、原繊維はレーザー光照射により初めに膨張した後に細化する。レーザー出力が増すと、シングルジェットからマルチジェットに変化するとともに、膨張と細化の開始点がノズル側にシフトする傾向を示した。また低レーザー出力の場合、印加電圧が高くなると膨張領域が小さくなり、より上流側で細化が進むことが確認できた。作製したウェブの SEM 観察の結果、17, 20 kV とともにレーザー出力が増加するにつれ繊維径が減少し、LES 時にマルチジェットとなる条件では数百 nm オーダーのナノファイバーが得られたが、ショットが若干混在した。さらに、シングルジェットが形成される低レーザー出力域では、印加電圧が高い方が繊維が細くなったのに対し、マルチジェットが現れる高レーザー出力域では逆に太くなった。当日は、紡糸挙動の解析結果および LES によって作製した繊維試料の諸特性について詳細に報告する予定である。

【参考文献】

1. T. Tokuda, R. Tsuruda, T. Hara, Z. Hou, H. Kobayashi, K. Tanaka, W. Takarada, T. Kikutani, J.P. Hinestroza, J.M. Razal and M. Takasaki, *Materials*, **15**(6), 2209 (2022)

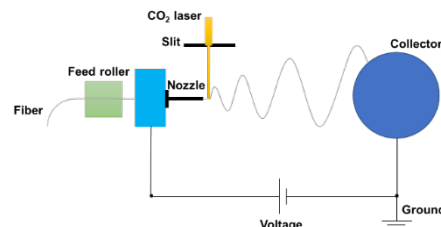


Fig. 1 Schematic diagram of laser-heated melt electrospinning.

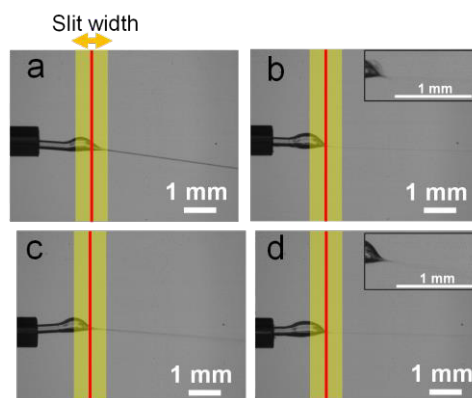


Fig. 2 Images of the thinning behavior of PEF fiber near the nozzle in the LES process at different laser power and applied voltage conditions: a) 11 W and 17 kV; b) 24 W and 17 kV; c) 11 W and 20 kV; d) 24 W and 20 kV.