

## 配向性ナノファイバーの創製と 熱刺激による形態変換を利用した機能創発

(東海大院工)○本郷壮留, 岩松宏徳, 横瀬颯人,

(東海大院工・東海大マイクロ・ナノ研)岡村陽介

[緒言]ナノファイバー (NF) とは、直径がナノメートルオーダーの繊維材料であり、高い比表面積を活かして医療分野などへの応用が期待されている<sup>1)</sup>。また、NF をドラムロールで回収することにより繊維の配向性を制御でき、繊維方向への引張強度が向上するユニークな繊維材料である<sup>2)</sup>。ここで NF を創傷被覆材として応用する場合、高い薬剤放出率や組織再生能など多くの利点を発現する一方、高い空隙を有するため細菌等の透過は防御できず感染の可能性が懸念される<sup>3), 4)</sup>。本研究では、生分解性高分子のポリカプロラクトン (PCL,  $T_m$ : ca. 55°C) からなる配向性 NF を創製し、NF をフィルム状へ形態変換させることで空隙を閉鎖する手法を提案する。ここでは、形態変換のトリガーとして熱刺激及び水による膨潤の2通りの手法を検討し、形態変換による新しい機能創発を狙う。

[実験操作]1,1,1,3,3,3-ヘキサフルオロ-2-プロパノールを溶媒としたポリカプロラクトン (PCL,  $M_n$ : 80,000, Sigma-Aldrich 社製) 溶液 (15 wt%)<sup>5)</sup> を調製した。ドラムロールに巻いたアルミホイルをターゲットとして、電界紡糸 (印加電圧: 30 kV, 送り速度: 1.0 mL/h, ドラム回転速度: 2,000 rpm, 紡糸幅: 10 mm, 紡糸時間: 2 h, NANON-03, MECC 社製) し、配向性 PCL-NF を調製した。この時、ドラムロールを用いしないで紡糸したランダム NF (4.5 wt%, 30 kV, 0.1 mL/h, 40 min) を比較対照とした。

熱刺激による形態変換試験では、NF をアルミホイルから剥離、テフロンメッシュに乗せ、繊維長が 30 mm になるように切断し、加熱 (65°C, 2 min) 前後の表面を走査型電子顕微鏡 (FE-SEM, JSM-7100F, JEOL 社製) にて観察した。また、水による膨潤を利用した形態変換試験では、NF をアガロースゲルに転写、恒温恒湿下 (37°C, 95%) に静置し、時間経過における表面を FE-SEM にて観察した。

[結果と考察]ドラムロールを用いて電界紡糸したところ、PCL-NF は配向性を有しており、同濃度 (15 wt%) で紡糸したランダム PCL-NF (1380 ± 117 nm) と比較して繊維径が顕著に減少した (Fig. 1b, 564 ± 150 nm)。これはドラムロールで巻き取る際、NF が延伸されたためと考えられる。また、ランダム PCL-NF の紡糸条件 (4.5 wt%) を変えることで、配向性 PCL-NF と同程度の繊維径に制御可能であった (Fig. 1a, 512 ± 85 nm)。

熱刺激による形態変換試験において、配向性 PCL-NF を融点以上に加熱したところ、ランダム PCL-NF と比較して、繊維方向に著しく収縮した。これは、ドラムロールで巻き取る際、NF 内部に蓄積された残留応力が解放されたためと考えられる。また、加熱後の NF 表面を観察したところ、ランダム PCL-NF では溶融が不完全で孔が見られたが、配向性 PCL-NF では欠損の無いフィルム状へ形態変換した (Fig. 2a,b)。これは収縮しながら密に融合したためと考えられる。他方、水への膨潤による形態変換試験において、ゲル転写 1 分後の界面を観察したところ、配向性 PCL-NF は均質なフィルム状へ形態変換した (Fig. 2c,d)。これは、エステル結合を有する PCL に水分子が入ることで膨潤し、配向性により隣接する NF が融合したためと考えられる。

以上より、配向性 PCL-NF の創製法を確立すると共に、熱刺激及び水への膨潤をトリガーとしたフィルム状への形態変換に成功した。現在、モデル薬剤の放出特性評価を行っており、当日併せて報告する。

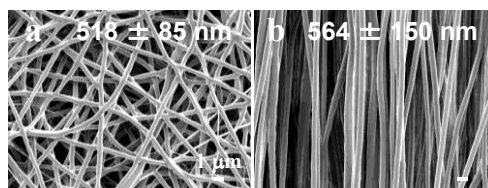


Fig. 1 SEM images of (a) Random PCL-NF and (b) oriented PCL-NF.

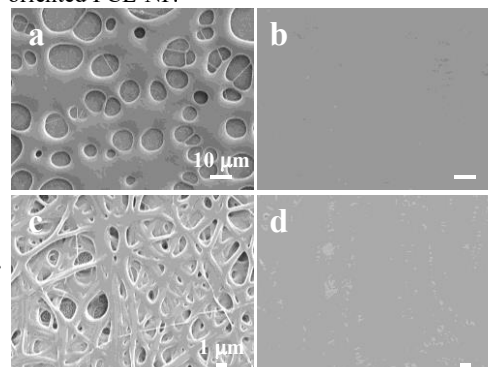


Fig. 2 SEM images of after morphological changes of PCL-NF. (a) Random NF and (b) oriented NF after heating. (c) Random NF and (d) oriented NF after swelling with water for 1 min.

### [参考文献]

- (1) H. Matsumoto *et al.*, *Membranes*, **1**, 249-264, (2011).
- (2) Xu He *et al.*, *Biomacromolecules*, **15**, 618-627, (2014).
- (3) S. Agarwal *et al.*, *Polymer*, **49**, 5603-5621, (2008).
- (4) D. Liang *et al.*, *Advanced Drug Delivery Reviews*, **59**, 1392-1412, (2007).
- (5) L. Ghasemi-Mobarakeh *et al.*, *Biomaterials*, **29**, 4532-453, (2008).

Fabrication of Oriented Nanofibers and Functional Emergence using Their Morphological Changes induced by Thermal Stimulus

Takeru HONGO<sup>1</sup>, Hironori IWAMATSU<sup>1</sup>, Hayato YOKOSE<sup>1</sup>, Yosuke OKAMURA<sup>1,2</sup>: <sup>1</sup>Graduate School of Engineering, <sup>2</sup>Micro/Nano Technology Center, Tokai University, 4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa 259-1292, Japan). <sup>1</sup>TEL: +81-463-58-1211 (Ex: 3415), FAX: +81-463-50-2426, E-mail: y.okamura@tokai-u.jp