

ラテックスの直接エレクトロスピニングによる異方性ゴムシートの創製

Fabrication of anisotropic rubber sheet by direct electrospinning of latex

藤田 聡

福井大学 学術研究院工学系部門 繊維先端工学講座
*Tel: +81-776-9969; E-mail: fujitas@u-fukui.ac.jp

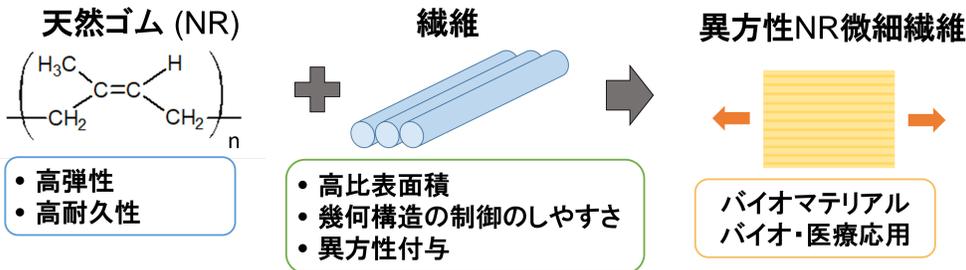


Abstract

天然ゴム(NR)は高弾性・耐久性・柔軟性を兼ね備えた優れたバイオベースの天然ポリマーである。NRは、水系エマルジョンである天然ゴムラテックス(NRL)として得られ、NRLを精製、バルク材料やシート材料に加工することで、広く利用されている。しかし、繊維材料への加工は困難であり、とくにNRLからの直接繊維化はこれまで報告がなかった。微細繊維を効率よく得る簡便な手法としてエレクトロスピニング法がよく知られており、同法によるNRLか

らNR微細繊維の直接紡糸が期待されている。NR微細繊維をうまく作成することができれば、一方に配向させた異方性ゴムシートや、多孔性の高通気性ゴムフィルム等の実現が期待される。本研究では、水溶性ポリマーを添加したNRLを直接エレクトロスピニングにより紡糸し、のちに洗浄して水溶性ポリマーを除去するという手法で異方性ゴムシートを製造する技術の確立に成功した。得られた異方性ゴムシートはNRの可能性を拓く有望な新材料となりうる。

背景

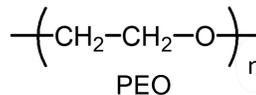


アプローチ

PEOと混合してエレクトロスピニング

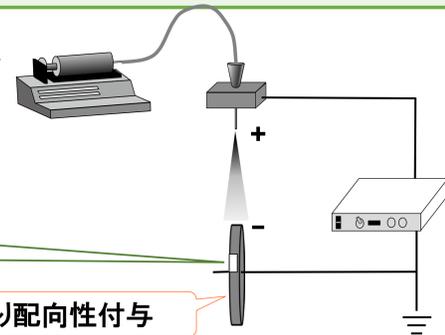
ポリエチレンオキド (PEO)

- 水溶性
- 高粘度

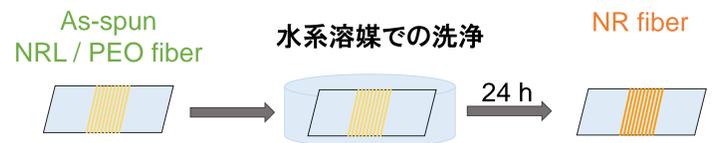


NRL/PEO
ブレンドファイバー

回転コレクタにより配向性付与



洗浄操作によるPEOの除去



既報研究例

ブレンドファイバー

L. M. M. Costa et al. *J. Mat. Sci.* 2013: 48 8501-8508

有機溶媒で精製したNRの利用

I. Cacciotti et al. *Mat. Design* 2015: 88 1109-1118

本技術のポイント

NRラテックスの直接紡糸

- ラテックス精製不要
- 有機溶媒フリー
- バイオマス由来
- 低コスト

紡糸したシートの形態観察

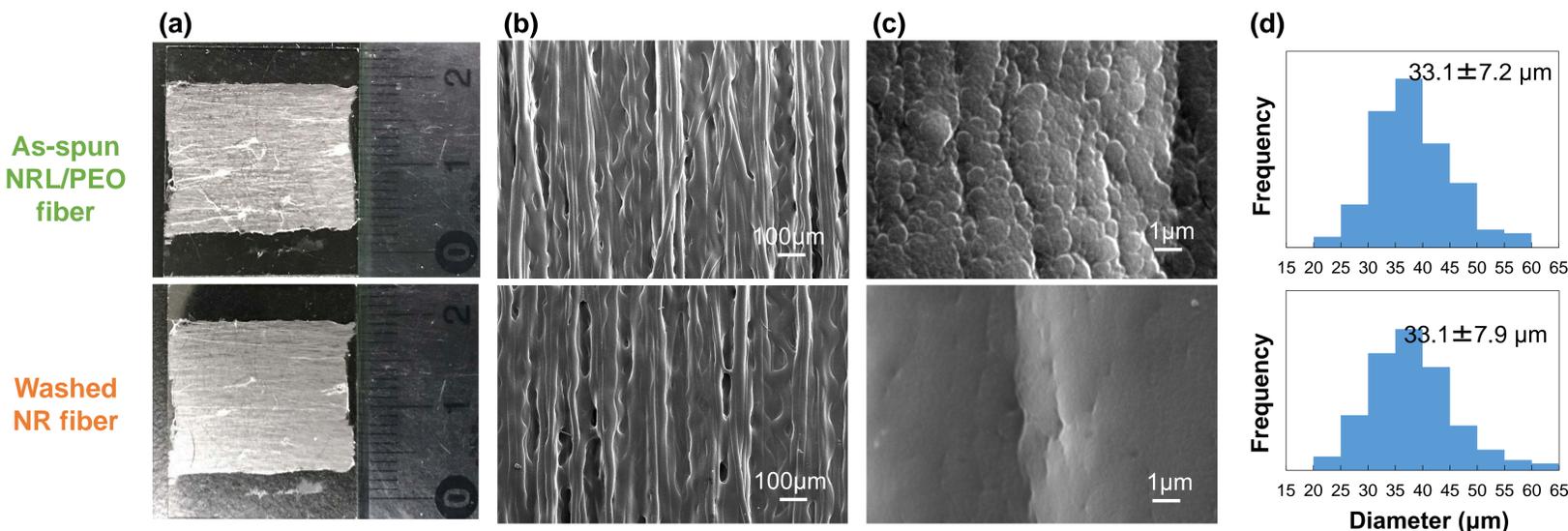


Fig. 1 (a) Macroscopic images of As-spun NRL/PEO fiber and washed NR fiber. (b and c) SEM images of fabricated fibers. (d) Distribution of fiber diameters.

一方向に配向した多孔質の微細ファイバーシートを得た。

化学的組成の解析

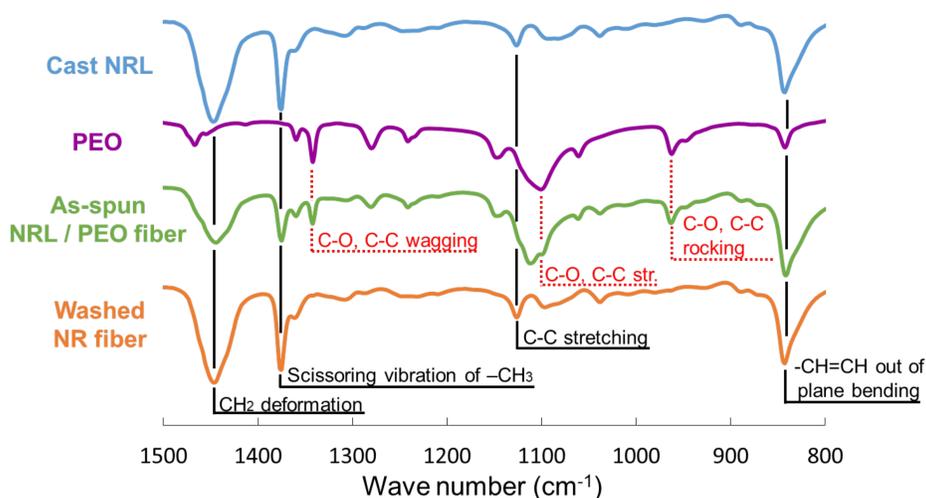


Fig. 2 ATR-FTIR spectra of cast NRL, PEO, As-spun NRL/PEO fiber and Washed NR fiber. The measurements were performed for wavenumbers of 4,000 to 800 cm^{-1} at a resolution of 4 cm^{-1} using a KBr detector. An average of 64 scans were performed.

洗浄操作によりas-spun NRL/PEO fiberからPEOを完全に除去し、NRのみから成るファイバーを得た。

力学的特性の評価

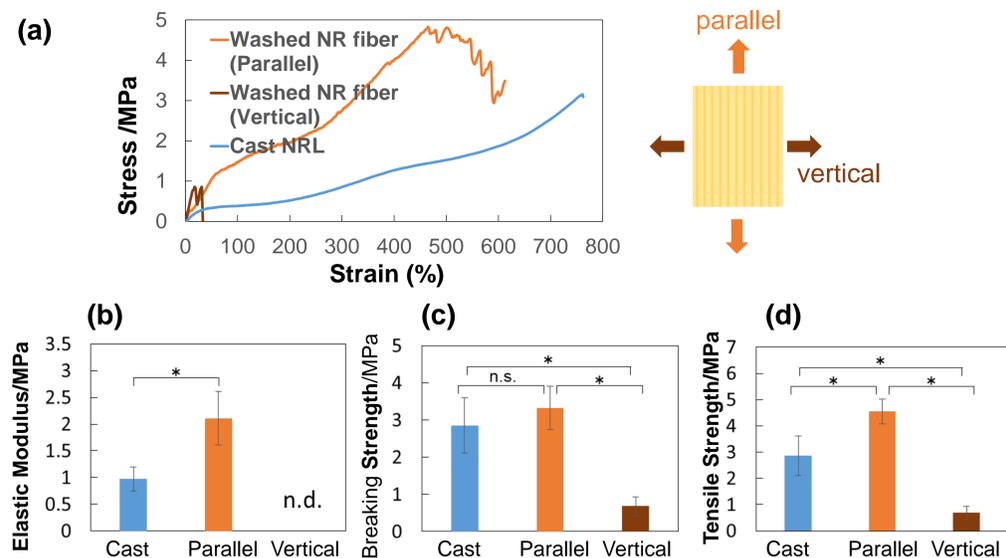


Fig. 3 (a) Stress-strain curve of washed NR fiber/ (b) Elastic modulus, (c) breaking strength and (d) tensile strength. *: $p < 0.05$; n.d.: not determined

作製したシートは力学的な異方性を有していた。

結言・展望

1. NRLと水溶性ポリマー(PEO)をブレンドした溶液をエレクトロスピニングを用いることで微細ファイバーを紡糸することに成功した。
2. これを洗浄し水溶性ポリマーを除去することで平均直径約30 μm の純粋なNRファイバーを得た。

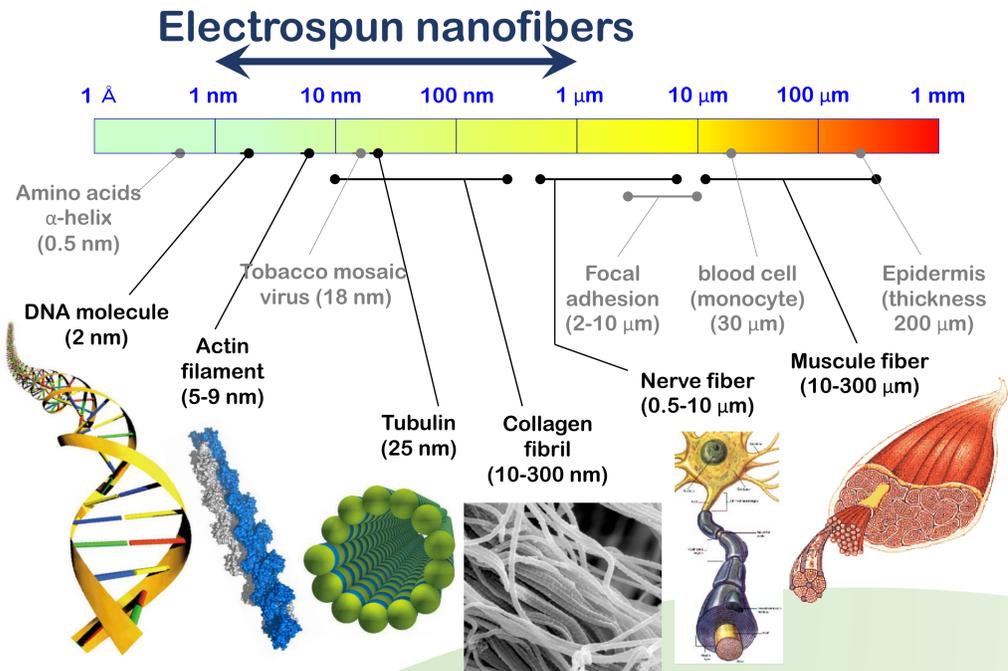
3. 得られたNRファイバーのシートは繊維軸方向に高い機械的強度を示し、繊維に垂直な方向には弱く、力学的異方性を有する材料であった。
4. これらの性質は従来の天然ゴムシートにはないものであり、新たなバイオマスとしてその利用が期待される。

(特許出願中) 特願2019-090508号「繊維、不織布および繊維の製造方法」

ELECTROSPINNING

Potential of Nanofibers as Biomaterials

Nanofibers in Living Tissue

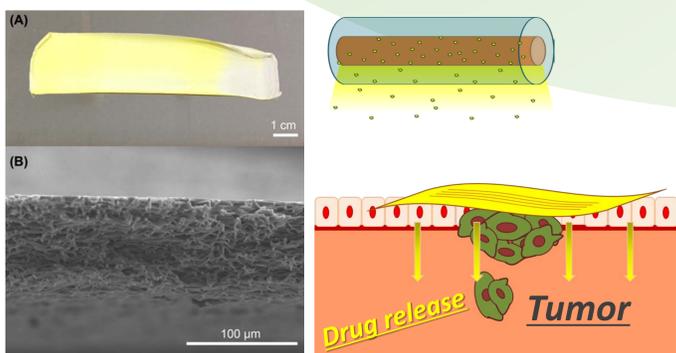


Living tissue includes many scales of the fibrous structure.

Keywords

Core-shell electrospinning, Geometrical control, Cell biological analysis, Biomimetic ECM

Drug Delivery Matrix

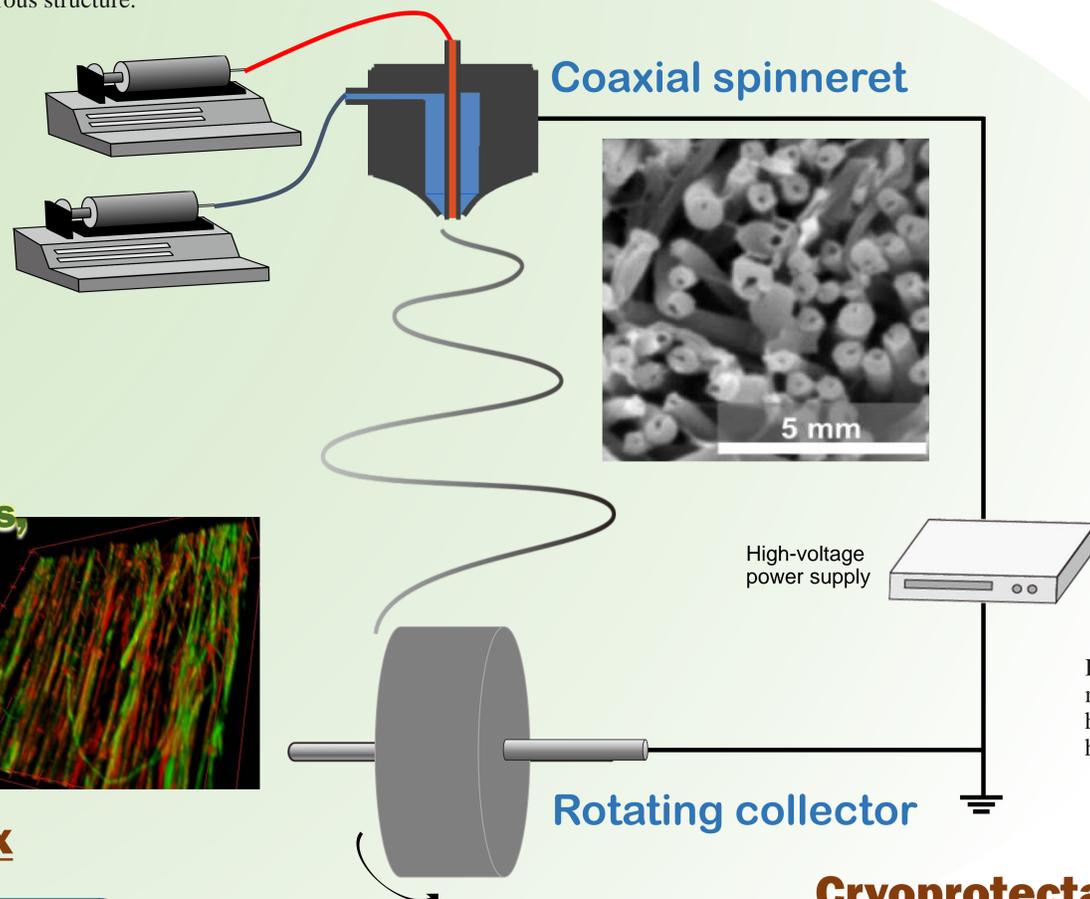


Core-shell nanofibers have a potency to inhibit diffusion of drugs embedded in nanofibers.

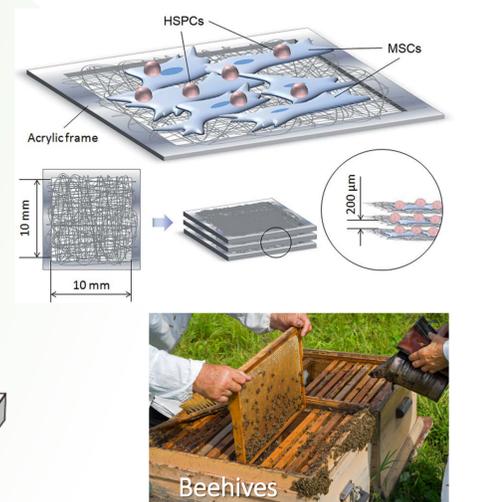
Anisotropic Hydrogel



Physically-crosslinked native collagen bundled by using water-based core-shell electrospinning was used for an anisotropic hydrogel scaffold to control cell orientation.

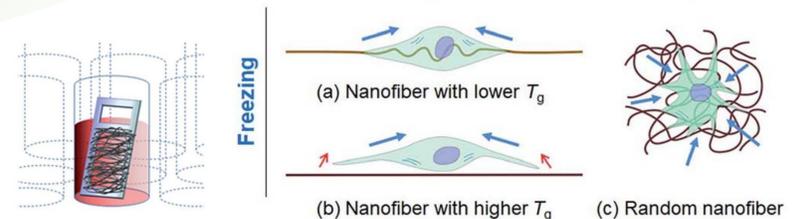


3D Culture Scaffold



Beehive-like Layered nanofiber sheets which mimicked bone marrow microenvironment have achieved a high-dense expansion of hematopoietic stem cell.

Cryoprotectant of Adhesive Cells



Flexible nanofiber scaffold was proved to be used for direct cryopreservation of adhesive cells by inhibiting physical cryoinjury in the freeze-thawing process.

Native collagen hydrogel nanofibres with anisotropic structure using core-shell electrospinning, Y. Wakuda, S. Nishimoto, S. Suye, S. Fujita, *Sci. Rep.*, **8** 6248, 10p, 2018.

Direct cryopreservation of adherent cells on an elastic nanofiber sheet featuring a low glass-transition temperature, O. Batnyam, S. Suye, S. Fujita, *RSC Adv.*, **7**, 51264-51271, 2017.

Estimation of the Core-Shell Formation Efficiency of Electrospun Collagen/Poly(lactic Acid) Nanofibers, A. Kato, S. Suye, S. Fujita, *Kobunshi Ronbunshu*, **73**, 366-369, 2016.

Biohybrid hematopoietic niche for expansion of hematopoietic stem/progenitor cells by using geometrically controlled fibrous layers, O. Batnyam, H. Shimizu, K. Saito, T. Ishida, S. Suye, S. Fujita, *RSC Adv.*, **5**, 80357-80364, 2015.

Taiwanin A Incorporated Polyurethane Fiber Sheets for Prevention of Postoperative Cancer Recurrence, O. Batnyam, H. Uematsu, C. W. Chou, S. Suye, S. Fujita, *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.*, **26**, 558-571, 2015.

Associate Professor
Satoshi FUJITA, Ph.D., P.E.Jp.

Dept. of Frontier Fiber Technology and Science,
Graduate School of Engineering,
University of Fukui;
Bunkyo 3-9-1, Fukui-shi, Fukui 910-8507, Japan;
Tel: +81-776-9969; E-mail: fujitas@u-fukui.ac.jp



UNIVERSITY OF
FUKUI