

報道関係者各位

令和 8 年 10 月 13 日
国立大学法人 京都工芸繊維大学

無溶剤電界紡糸で作製した循環型材料繊維膜が優れた疑似圧電特性を発現
— ヘルスケアやフィジカル AI 用途の自己発電圧力センサの大規模生産に貢献 —

1. 発表者：

梅田 有希（京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 博士前期課程 先端ファイブ科学専攻）
楊 柳 （京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 博士後期課程 バイオベースマテリアル学専攻）
徐 淮中 （京都工芸繊維大学 繊維学系 准教授/大学院工芸科学研究科 バイオベースマテリアル学専攻担当）
丸林 弘典（京都工芸繊維大学 繊維学系 准教授/大学院工芸科学研究科 バイオベースマテリアル学専攻担当）
石井 佑弥（京都工芸繊維大学 繊維学系 准教授/大学院工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻担当/繊維科学センター兼任）

2. 発表のポイント：

- ◆溶剤を使用しない溶融電界紡糸（注 1）を用いて循環型材料であるポリ(L-乳酸)(PLLA)からなる繊維膜を作製
- ◆溶融電界紡糸のワンステップで作製した当該繊維膜が帯電しており、かつ優れた疑似圧電特性（注 2）を示すことを世界に先駆けて実証
- ◆この特性の起源が真電荷（注 3）帯電に由来することも世界に先駆けて解明
- ◆溶剤を使用しない製造法のため、安全に大規模で製造できる可能性

3. 発表概要：

京都工芸繊維大学の繊維学系 石井佑弥 准教授らの共同研究チームは、循環型のプラスチックであるポリ(L-乳酸)(PLLA)を材料に用いて、溶剤を全く使用しない溶融電界紡糸によって作製した繊維膜が、優れた疑似圧電特性を示すことを世界に先駆けて明らかにしました。これまでに、電界紡糸で作製された PLLA 繊維膜は優れた疑似圧電特性を示すことが知られていましたが、有機溶剤を用いる湿式電界紡糸で作製されていたため、量産化における安全対策コストの増加や環境負荷が課題となっていました。本研究では、溶剤を使用しない溶融電界紡糸を採用し、荷電の後処理を行わない溶融電界紡糸のワンステップのみで帯電した繊維膜が作製できることを明らかにしました。加えて、作製した溶融電界紡糸 PLLA 繊維膜が、疑似正圧電特性（注 4）と疑似逆圧電特性（注 5）の両方の特性を示すことを初めて明らかにし、これらの特性から評価した見かけの圧電 d 定数（注 6）が非常に高い値を示すことも明らかにしました。さらに、この疑似圧電特性の発現の起源が、PLLA のらせん結晶構造や分極帯電由来ではなく、真電荷帯

電に由来することも世界に先駆けて明らかにしました。本成果は、優れた疑似圧電特性を示し、循環型材料である PLLA からなる繊維膜を、安全に大規模で製造できる可能性を示す研究成果です。製造される繊維膜は、ヘルスケア用の圧力センサやフィジカル AI 向けの圧力センサなどへの応用展開が大いに期待されます。

本研究成果は、2026 年 9 月 26 日付けで Materials Today Communications 誌にオンライン掲載されました。

4. 発表内容：

研究の背景

デジタル空間と実空間を高度に融合し利活用する Internet of Things やフィジカル AI の急速な発展に伴い、生体情報や動作情報をセンシングし、デジタル空間と実空間を接続するウェアラブルデバイスへの需要が高まっています。なかでも、ヒトなどの生体やロボットなどの動作や発声などの情報を自己発電でセンシングする繊維膜は、軽量かつしなやかに曲げられ、通気性を有するという特徴もあり、新しいセンシング部材として注目を集めています。特にポリ(L-乳酸)(PLLA)は、バイオマスから製造可能でありコンポスト分解性も示す循環型のプラスチックであり、生体適合性も有するため、ヒトとの親和性の高いウェアラブルセンサ材料として期待されます。

これまでに本研究グループは、湿式電界紡糸で作製した PLLA 繊維膜が、従来の圧電材料の圧電特性に酷似した疑似圧電特性を示すことを明らかにするとともに、この特性が特に低圧力領域において従来の圧電材料と比較しても優れた特性であることを明らかにしてきました。しかしながら、湿式電界紡糸は紡糸の過程で有機溶剤を使用するため、将来的な大量生産を考えた場合、製造環境の安全対策や環境への配慮などが課題でした。

このような状況のなか同研究チームは、溶剤を全く必要としない溶融電界紡糸に着目し、PLLA からなる溶融電界紡糸繊維膜の作製と疑似圧電特性の評価およびこの特性の発現の起源の解明に取り組みました。

研究内容

PLLA を加熱し溶融した後、高電圧を印加して溶融電界紡糸したところ、ランダム方向に配向した PLLA 繊維膜が得られました[図 1(a),(b)]。この繊維膜中の単繊維の平均直径は 14.9 μm 、繊維膜の平均膜厚と平均密度はそれぞれ 157 μm と 0.187 g cm^{-3} であり、軽量かつ疎な繊維膜が得られました。

溶融電界紡糸から 7 日経過後に表面電位を測定したところ、平均表面電位値が 250 V を示したことから、溶融電界紡糸のみのワンステップで作製した PLLA 繊維膜が帯電していることが示されました。この結果は、コロナ荷電処理やポーリング処理などの荷電の後処理を一切行わずとも、溶融電界紡糸のワンステップで帯電した PLLA 繊維膜が製造できることを示しています。

次に、作製した溶融電界紡糸 PLLA 繊維膜が疑似正圧電特性と疑似逆圧電特性を示すかを検証しました。この結果、特に低圧力 (200 Pa 以下) を印加したときに、印加圧力に比例して電荷が出力されることを見出しました[図 1(c)]。すなわち、当該繊維膜が疑似正圧電特性を示すことを明らかにしました。加えて、作製した溶融電界紡糸 PLLA 繊維膜に電圧を印加したところ、印加電圧の大きさおよび極性に応じて膜厚が比例して増減することを見出しました[図 1(d)]。すなわち、当該繊維膜が疑似逆圧電特性も示

すことを明らかにしました。得られた疑似正圧電特性と疑似逆圧電特性から見かけの圧電 d 定数を評価したところ、それぞれ最大で 2680 pC N^{-1} と $31,600 \text{ pm V}^{-1}$ という非常に高い値が得られました。この高い値は、当該繊維膜のやわらかい性質と適度に帯電した帯電状態に起因していると考えられます。以上の結果は、熔融電界紡糸のワンステップのみで疑似圧電特性を示す PLLA 繊維膜が作製できることを示します。

続いて、前述の熔融電界紡糸 PLLA 繊維膜において発現した疑似圧電特性の発現の起源を調査しました。当該繊維膜にイソプロピルアルコール (IPA) を噴霧し乾燥させると表面電位 (注 7) がほぼ 0 V に減少しました。これと同時に、疑似圧電特性も消失し、単なる誘電体スパーサーのような挙動に変化しました。PLLA のずり圧電特性を発現する PLLA の高配向性のらせん結晶構造や PLLA 分子鎖内に存在する永久双極子 (注 8) の配向 (分極帯電) は IPA 噴霧後も残存するため、発現した疑似圧電特性の起源は真電荷帯電であることが明らかになりました。この真電荷は、熔融電界紡糸のプロセス中に供給されたと考えられます。

本研究成果は、優れた疑似圧電特性 (疑似正圧電特性と疑似逆圧電特性) を示し、循環型材料である PLLA からなる繊維膜を、安全に大規模で製造できる可能性を示す研究成果です。製造される繊維膜は、ヘルスケア用の圧力センサやフィジカル AI 向けの圧力センサなどへの応用展開が大いに期待されます。

研究支援：

・日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(B) No. 26K00435

5. 発表雑誌：

雑誌名：Materials Today Communications

論文タイトル：Pseudo-piezoelectric properties of solvent-free melt-electrospun poly(L-lactic acid) fiber mats

著者：Yuki Umeda, Liu Yang, Huaizhong Xu, Hironori Marubayashi, Yuya Ishii

DOI 番号：10.1016/j.mtcomm.2026.116244

アブストラクト URL：<https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2026.116244>

6. 用語解説：

(注 1) 熔融電界紡糸

溶剤を使用せずに熱で熔融させたプラスチックの熔融体を高電圧で帯電させ、静電気力により紡糸する方法

(注 2) 疑似圧電特性

圧電材料の圧電特性に酷似した特性

圧電：本資料では、チタン酸ジルコン酸鉛や圧電樹脂などの圧電材料の結晶体に生じる正圧電効果と逆圧電効果を総じて圧電と表現している

(注 3) 真電荷

外部に取り出したり外部から加えたりすることができる電荷 (対立概念は分極電荷)

(注 4) 正圧電特性

圧電材料の結晶体に圧力を加えると、ひずみが生じて電圧が発生する特性

(注 5) 逆圧電特性

圧電材料の結晶体に電場を加えると、ひずみが生じて変形する特性

(注 6) 圧電 d 定数

圧電性能の指標の一つ

(注 7) 表面電位

物質表面の電位

(注 8) 永久双極子

分子そのものが構造のなかに固有する電気双極子

7. 添付資料：

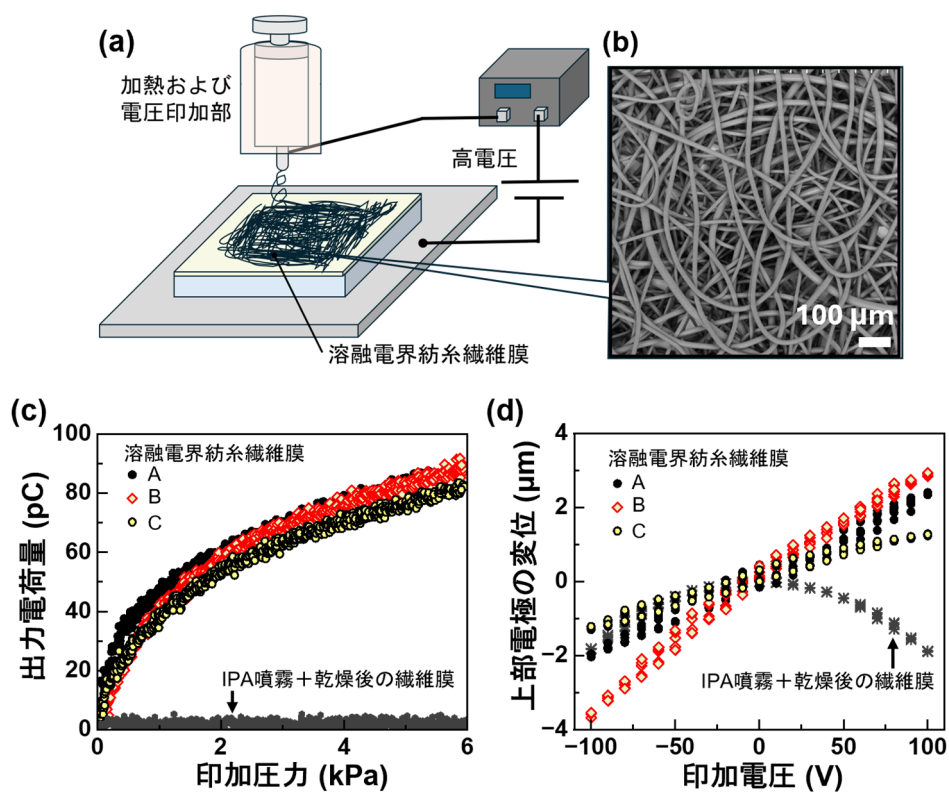


図 1. (a)溶融電界紡糸の概説図と(b)作製した溶融電界紡糸 PLLA 繊維膜の走査型電子顕微鏡像、この繊維膜が示した(c)疑似正圧電特性と(d)疑似逆圧電特性

8. 問い合わせ先：

< 研究に関すること >

京都工芸繊維大学 繊維学系 准教授

石井 佑弥 (いしい ゆうや)

TEL：075-724-7883

E-mail：yishii@kit.ac.jp

< 報道担当 >

京都工芸繊維大学 総務企画課広報係

TEL : 075-724-7016

E-mail : kit-kisya@jim.kit.ac.jp