

疑似圧電特性を示す電界紡糸超極細繊維膜の学理解明

材料工学およびその関連分野

研究者所属・職名 : 繊維学系・准教授

ふりがな いしい ゆうや

氏名 : 石井 佑弥

主な採択課題 :

- [基盤研究\(B\)「非強誘電性ポリマーからなる強誘電エレクトレット超極細繊維膜の学理構築」\(2022-2024\)](#)
- [若手研究「高度の圧電特性を示すポリマナノマイクロ圧電ファイバの動作メカニズムの解明」\(2019-2021\)](#)

分野 : 電気電子材料工学、ナノマイクロ科学

キーワード : エレクトレット、超極細繊維、ナノマイクロファイバ、電界紡糸、エレクトロスピニング

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

圧電材料は、自己発電型の圧力センサのセンサ部材などとして広く普及している。我々は偶然、フィルム状態では圧電特性を示さないプラスチック(ポリスチレンなど)が、電界紡糸という電気を使った紡糸法による超極細繊維膜化のみにより、既成概念に反して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発見した(当該繊維膜の概説図を図1に示す)。しかし、常識を覆す新現象であることから、この発見メカニズムなどは全く不明であった。そこで、この発見メカニズムなどの解明を目的とし研究を進めた。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

上述の通り、常識を覆す新発見であったため、疑似圧電特性の発見メカニズムの解明は暗中模索であった。そのようななか、電界紡糸は電気を使った紡糸法であること、また類似点のある圧電材料などの知見を深めることにより、一步一步メカニズムを解き明かしていった。他方で、超極細繊維膜という非常にユニークな構造体の(疑似)正圧電特性を正確に評価できる評価装置が世の中に出回っていなかった。そのため、この評価装置の新規開発も進める必要があり苦労した。

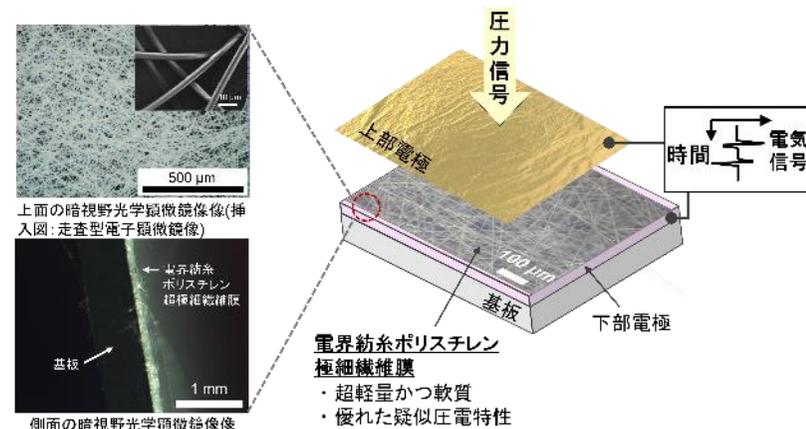


図1. 電界紡糸で作製したポリスチレン超極細繊維膜の概説図

疑似圧電特性を示す電界紡糸超極細繊維膜の学理解明

材料工学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

フィルム状態では圧電効果を示さないプラスチック（ポリスチレンなど）が、電界紡糸により超極細繊維膜化するだけで、圧電材料の圧電特性に酷似した疑似圧電特性（疑似逆圧電特性および疑似正圧電特性）を示すことを世界に先駆けて明らかにした。得られた疑似逆圧電特性（図2）から見かけの圧電 d 定数を算出したところ、準静的な電圧印加の場合では30,000 pm/Vを超える値が、1 kHzの高周波の電圧を印加した場合でも約13,000 pm/Vであった。この値は、従来の圧電材料の圧電 d 定数の値 [例：圧電樹脂膜 ≤ 53 pm/V、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT) ≤ 700 pm/V]を大きく上回る。さらに、新規に開発した圧電特性評価装置を駆使することにより、当該繊維膜の疑似正圧電特性の詳細な評価にも成功した。

加えて、この特異な疑似圧電特性が発現する原因が、電界紡糸で供される実電荷の残留（帯電）と、これにより生じる繊維膜の特異な強誘電エレクトレット化であることも明らかにし、特性を説明する数理モデルも世界に先駆けて提案した。

プレスリリース

[1] 汎用樹脂のマイクロファイバーで高度の電気機械特性を発見、2020年6月30日 <https://www.kit.ac.jp/2020/06/news20200630/>

[2] 汎用プラスチックの極細繊維で圧力センシングウェアラブルな生体動作センサーや発電素子の低コスト化と省工程化に貢献 -、2019年7月29日

<https://www.kit.ac.jp/2019/08/news190805/>

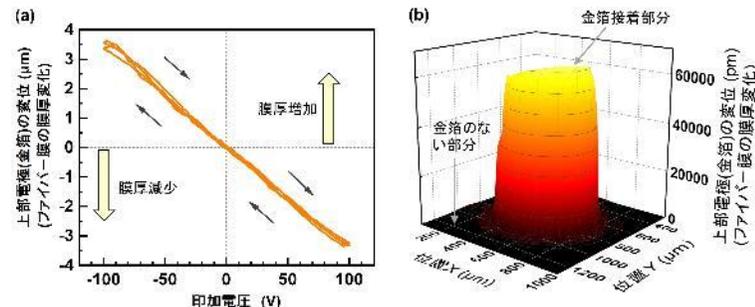


図2. (a)電界紡糸ポリスチレン超極細繊維膜にゆるやかに電圧を印加したときの上部電極（金箔）の変位（準静的な疑似逆圧電特性）。(b)高周波(1 kHz)の交流電圧を電極間に印加したときの3次元変位像（最大変位時）（[1]の図2を転載）

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

圧電効果を示すプラスチック超極細繊維の研究領域では、フィルム状態でも圧電効果を示すいわゆる圧電プラスチック（ポリフッ化ビニリデンなど）を材料とした研究が数多く報告されていた。このようななか、圧電プラスチックではない安価な汎用プラスチック（ポリスチレン）であっても電界紡糸による超極細繊維化のみにより、高度の疑似圧電特性を示すことを発見した。従って本発見は、材料選択の範囲を広げるとともに、安価な汎用プラスチックを用いることで超軽量かつ軟質、優れた特性の圧力センサ（図3は応用展開の一例）やアクチュエータが安価かつ大面積で製造できる可能性を示した。さらに、ポーリングなどの後処理を要しないため、製造工程の省工程化や省エネルギー化が期待される。



図3 本稿の繊維膜を用いた指の曲げ伸ばし動作のセンシング例