

荷電法としての電界紡糸の実験的評価と帯電特性の数値モデルの再構築

(京工繊大・工芸) ○金子満雄、高垣賢一、土本倫太郎、石井佑弥

【緒言】フィルムでは通常圧電特性を示さないアタクチックポリスチレン(aPS)が、電界紡糸によるファイバ膜化により優れた疑似圧電特性を示すことが報告されている[1]。この特性の発現は、主に電界紡糸で供される実電荷の残留(帯電)に起因することが分かってきている[2]。このため電界紡糸は、ナノマイクロファイバの成型加工法であると同時に、荷電法としても機能する。そこで本研究では、電界紡糸を荷電法の視点から見つめ直して実験的評価を行ったので報告する。具体的には、広く一般的に用いられているコロナ荷電法と比較した。加えて、電界紡糸 aPS ファイバ膜の帯電特性の数値モデル[1,3]をより精密に再構築したので報告する。

【実験】aPS ($M_w \approx 280,000$, Merck)を 30 wt%の濃度で N,N -ジメチルホルムアミドに溶解させ、紡糸電圧 +9.0 kV で酸化インジウムスズ(ITO)薄膜電極がコートされたガラス基板上に 3 分間電界紡糸した(電界紡糸ファイバ膜サンプル)。次に、当該ファイバ膜を用いてコロナ荷電ファイバ膜を作製した。具体的には、作製した電界紡糸ファイバ膜に 2-プロパノール(IPA)を噴霧し、完全に除電した後に、コロナ帯電ガン(GC90PN1、株式会社グリーンテクノ)を用いて +25 kV でコロナ荷電した。続いて、次に示す異なる環境にファイバ膜を保管し、表面電位の経時特性を評価した。①高湿度環境：温度 30 °C、湿度 90 %RH に保たれた恒温恒湿器内に保管。②窒素雰囲気：窒素雰囲気のグローブボックス中で気体遮断袋を用いて 2 重に封入し、温度 30 °C に保たれた恒温器内に保管。

【結果】作製した電界紡糸 aPS ファイバ膜の平均膜厚は 0.13 mm、平均密度は 2.4×10^{-2} g/cm³ であった。また、aPS ファイバ単糸の平均直径は 4.94 μ m であった。当該ファイバ膜に IPA を噴霧した結果、表面電位は約 450 V(紡糸から 7 日経過したサンプル)から約 0 V へと消失した。この結果から、電界紡糸 aPS ファイバ膜は実電荷で帯電していることが明らかになった。

除電したファイバ膜に異なる時間コロナ帯電処理を施した(Fig. 1)。1 分以降で表面電位値が 100–160 V の範囲で飽和した。これは、コロナ荷電法により荷電させられる電荷量の限界に達したためだと考えられる。一方で電界紡糸ファイバ膜はコロナ荷電ファイバ膜の 3 倍以上の表面電位(紡糸から 7 日経過したサンプル)を示した。この原因として、電界紡糸ではファイバの 1 本 1 本が帯電しており、三次元的な帯電膜を形成するのに対して、コロナ荷電法ではファイバ膜を上から見たときの露出部のみが荷電されるためと考えられる。

Figure 2 に電界紡糸 aPS ファイバ膜とコロナ荷電ファイバ膜を異なる環境に保管したときの表面電位の経時変化を示す。電界紡糸ファイバ膜の表面電位は、いずれの保管環境下でもコロナ荷電ファイバ膜の表面電位よりも高い値を保持した。また、いずれのファイバ膜も窒素雰囲気中で保管した方が表面電位を高い値で保持した。

以上の結果から、一般的な荷電法であるコロナ荷電法と比べて、電界紡糸はより多くの帯電電荷をより長期間荷電させられる可能性が示された。なお、緒言に記した帯電特性の数値モデルの再構築については、紙面の都合上当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費 22H01811 の助成を受けて実施された。

【参考文献】[1] Y. Ishii et al. *Macromol. Rapid Commun.* **41**, 2000218 (2020). [2] C. Iumsrivun et al. *Polymer*, **224**, 123732 (2021). [3] Y. Ishii et al. *Sens. Act. A Phys.* **326**, 112717 (2021).

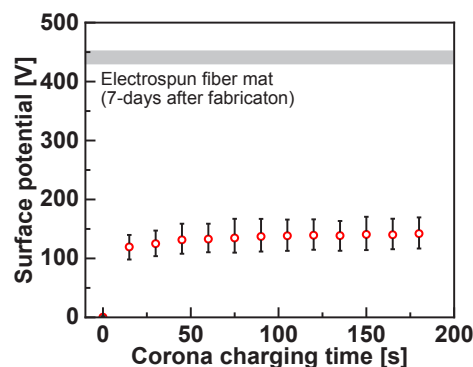


Fig. 1. Surface potentials of electrospun aPS fiber mats discharged with IPA spraying with different corona charging time.

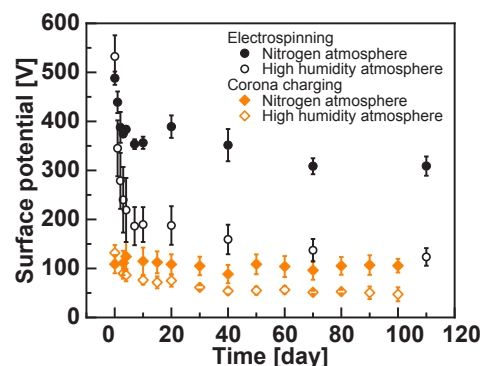


Fig. 2. Surface potential decay of the fiber mats charged with electrospinning and corona charging and stored in different environments.

Experimental evaluation of electrospinning as charging method and reconstruction of numerical characteristic model for electrospun fiber mats, Mitsuo KANEKO, Kenichi TAKAGAKI, Rintaro TSUCHIMOTO, and Yuya ISHII: Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8585, Japan, Tel: 075-724-7883