第三リング電極を用いたエレクトロスプレー堆積法制御の検討

Study of controlling electrospray deposition with a ternary ring electrode

東大工 [1], ナノ医療イノベーションセンター[2]

○桑畑 湧太 [1], 竹原 宏明 [1,2], 一木 隆範 [1,2]

Univ.Tokyo [1], iCONM [2], ○Yuta Kuwahata[1], Hiroaki Takehara[1,2], Takanori Ichiki[1,2]

E-mail: kuwahata@bionano.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】エレクトロスプレー堆積法(ESD 法)は、高電圧を印加したノズルから塗布材料を吐出させることで、帯電した溶液の粒子同士がクーロン力により反発し、生じた微小液滴を拡散させて塗布する技術である。ESD 法の利点は、常温常圧下で行うため低コスト、複雑な3次元形状への塗布や、高粘性材料、熱により変性しやすい生体材料にも適性が高いという点が挙げられる。ESD 法では、電圧を上げることで液滴の表面電荷密度が上がり、より粒径の小さい液滴を発生させることができる[1]。しかし、このスプレーは大気圧条件下で行うため、スプレーが不安定になりやすく制御が困難とされる[2]。本研究では、第三リング電極をノズル電極と基板の間に配置して電界を制御することでスプレーを安定化させることを検討する。

【実験方法】Fig. 1 に本研究で用いたエレクトロスプレー装置図を示す。ロボットアームとノズル電極(SUS304 外径 0.36 mm 内径 0.18 mm)、対向電極、第三リング電極、高電圧電源装置、電流計及び高分子溶液を一定速度で送り出すシリンジポンプから構成される。ノズルに高電圧を印加し、溶液を帯電させ、エレクトロスプレー現象により基板上に高分子溶液を塗布することができる。エレクトロスプレーが発生すると帯電した液滴が対向電極に付着するため、対向電極に接続されている電流計に電流が流れる。対向電極とノズルの間隔を 20 mm、リング電極を上下方向に移動できるように設計し、ポリラクチド-co-グリコリド共重合体(PLGA)を N,N-ジメチルホルムアミド(DMF)で希釈した 1~9 % w/w 溶液をシリンジポンプにより 3 μL/min で送出した。

【結果】ノズル電極に印加した電圧と電流の関係を Fig.2 に示す。また、それぞれの電圧値のときのノズル電極先端におけるスプレー形状を、ハイスピードカメラ(CHU30-B、 SHODENSHA)にて撮影した。(b)のようにドリッピングが発生するノズル電極印加への電圧範囲では、電流値は電圧値に対して単調増加であり、(c)から(d)のようにノズル電極先端でシングルテイラーコーンが形成されている電圧範囲では、電流値は一定であった。そして、(e)や(f)のように、ノズル電極先端でマルチジェットが形成されている電圧範囲では、電流値は電圧値に対して単調増加をとった。また、リング電極をノズル電極の 5 mm 上に設置し、4.5 kV の電圧を印加して電流を測定したところ、Fig.2 のように閾値電圧が 1.5 kV 上昇することを確認した。有限要素法を用いた数値解析の結果をもとに装置を設計し実験を行ったが、今後はリング電極の位置、印加電圧が電流値やスプレーの制御に及ぼす影響について詳しく検討する。

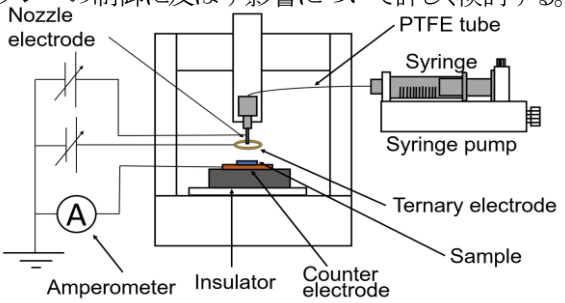

Fig. 1 A schematic diagram of an electrospray deposition apparatus with a ternary ring electrode.

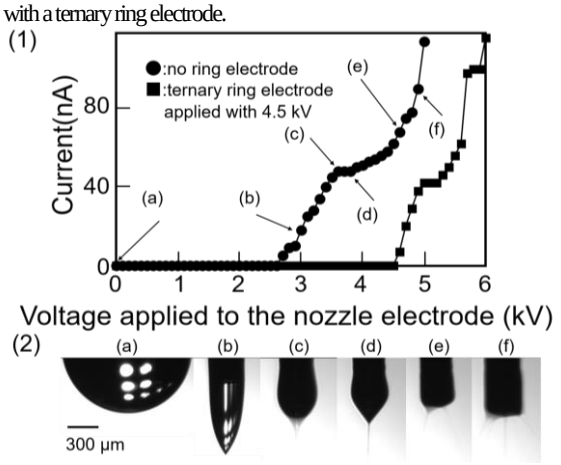

Fig. 2 (1): I-V characteristics of the electrospray deposition apparatus
(2): Pictures of the tip of the nozzle electrode

【参考文献】

1. D. N. Nguyen, *et al*, Journal of pharmaceutical sciences, **105**, 2601-2620 (2016)
2. J. Xie, *et al*, Biomaterials **27**, 3321-3332 (2006)