

# PVA のエレクトロスピンニングにおける放電がビーズ発生に及ぼす影響

## Effect of Electric Discharges on Beads Formation in Electrospinning of Poly(vinyl alcohol)

(山形大学院) (学)角前洋介、(正)杉本昌隆、(正)谷口貴志、(正)小山清人

During a process of electrospinning, an electric discharge usually takes place when a high voltage is applied to the system. It is important to evaluate the corona discharge in an electrospinning process, because the electric discharge affects the electrospinning process. In this study, we focus on effects of electric discharge on morphologies of electrospun fibers. Electrospinning is performed in various spinning conditions, namely under various applied voltages, distances between a tip of needle and a collector, and relative humidity. From results of all experiments in this study, we find that the beads formation is determined by whether or not the electric discharge is generated. Additionally, the beads formation is enhanced with increasing the electric current of electric discharge. Therefore, the electric discharge prevents an elongation of fibers which results in the formation of beads.

*Key words:* Electrospinning, Beads, Spinning condition

### 1. 緒言

エレクトロスピンニングとは、高分子溶液、又は高分子溶融体に高電圧を印加することによって、超極細繊維による繊維構造体を作製する技術 (Fig.1 参照) である。この技術によって作製される繊維は、通常の紡糸法である溶融紡糸や溶液紡糸に比べて非常に細い繊維径と、非常に大きな表面積を持つ。これらの特性は、超高性能フィルターから人工臓器 (血管や尿管) まで、様々な分野で応用が期待されている。

エレクトロスピンニングでは、ビーズと呼ばれる球状の物体がしばしば発生する。このビーズの発生を制御することにより製品物性の制御が可能となることが期待されているが、特に繊維径を細くしたい場合のビーズ抑制法については詳しく分かっていない。

現在までの研究では表面張力を下げることで、ま

たは高分子溶液の濃度 (粘度) を高くすることでビーズの発生を抑制できること [1] が分かっているが、いずれの方法でも繊維径が太くなってしまふという問題点があった。紡糸条件に着目した場合、繊維径を細くするためには、ジェット中の電荷量を増やす必要があるが、放電 (特にスパーク) が起きると紡糸ができなくなることも報告されている。

そこで、本研究では、エレクトロスピンニングが高電圧を用いることに着目し、紡糸条件を変化させたときの、放電がビーズ発生に及ぼす影響について調べることを目的とした。

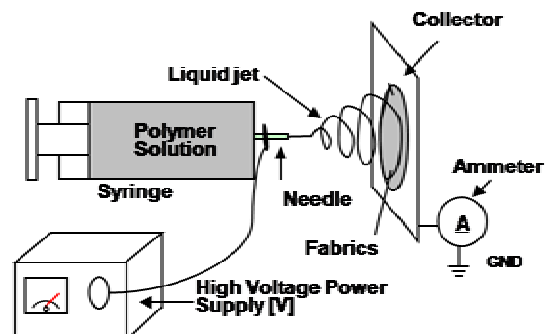


Fig.1 Scheme of the electrospinning setup.

### 2. 実験

試料は、ポリビニールアルコール(PVA)水溶液を用いた。PVA の重量平均分子量は約 4 万で、PVA

Yosuke KADOMAE, Masataka SUGIMOTO,  
Takashi TANIGUCHI, Kiyohito KOYAMA  
Department of Polymer Science and Engineering,  
Yamagata University  
4-3-16 Jonan, Yonezawa 992-8510, Japan  
Tel:0238-26-3058, Fax:0238-26-3411  
E-mail: koyama@yamagata-u.ac.jp

水溶液の濃度は 15wt% に調整した。この溶液濃度は、以前、濃度の影響を調査した時に、紡糸可能だった最小濃度であり、濃度が比較的低いため、ビーズが発生しやすい試料である。エレクトロスピンギングは印加電圧を 4.5 ~ 24kV、極板間距離は 5 から 20cm の幅で条件を振り、温度は室温で、湿度は 15 から 75% まで変化させて行った。また、試料に帯電した電荷量を評価するために、50ms 間隔で電流値を測定した。その後、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて繊維の構造観察を行い、画像解析ソフトを用いて繊維径分布を求めた。

放電の評価は、紡糸中の放電量を評価することが最も好ましかったが、測定が非常に困難であったため簡易的にシリンジ内を空にして、試料が存在しない状態で収集板に流れる電流を評価した。

### 3. 結果と考察

極板間距離を一定にして電圧を変化させた結果を Fig. 2 に示す。電圧が 9kV の時はビーズがほとんど発生せず、平均繊維径が 80nm 程度の均一な繊維を作製できた。さらに電圧を高くするとビーズが発生し、電圧が高くなるにつれてビーズが発生しやすくなることがわかった。この時の放電流と紡糸電流の測定結果を Fig. 3 に示す。ビーズが発生しなかった 9kV の時は、紡糸電流が放電流よりも高い値を示しており、ビーズが発生した 12kV 以上の電圧では放電流が紡糸電流よりも高くなることが分かった。

Fig. 4 に様々な紡糸条件で紡糸を行った時の極板間距離と電流のグラフを示した。この結果より、ある特定の電流値よりも低い紡糸条件ではビーズが発生しないことが分かった。また、同じ電流値を示す紡糸条件では、平均繊維径、繊維径分布ともにほぼ同様になることが分かった。これらの結果から、電流値が高い、つまり放電が起きやすいほどビーズが発生しやすいことが分かった。また、紡糸電流を同一に制御することで、繊維径分布を制御できることが分かった。

### 参考文献

[1] Fong H, Chun I, Reneker DH, *Polymer*, **40**, 4585-4592, (1999)

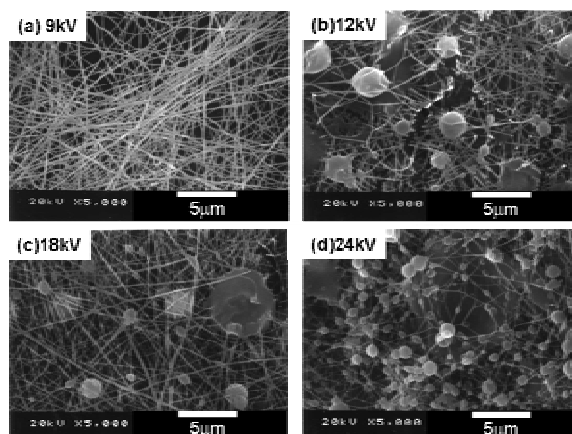


Fig. 2 SEM images of electrospun fibers at different voltages, (a) 9kV, (b) 12kV, (c) 18kV, and (d) 24kV at same tip-collector distance.

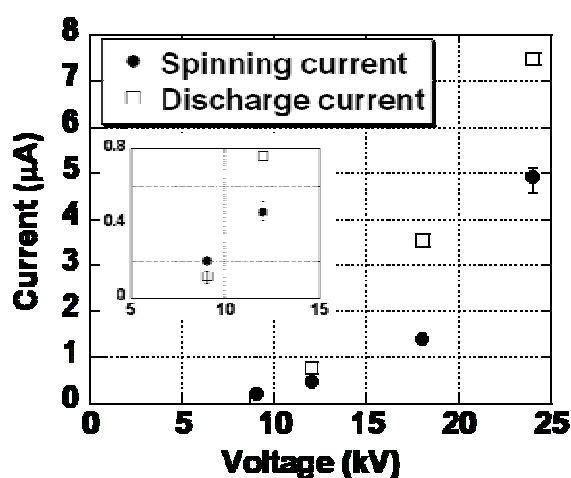


Fig. 3 Average electric current in the electrospinning process, and without PVA solution system, at different voltages, 9kV, 12kV, 18kV and 24kV, keeping a constant tip-collector distance. The inset is a magnified graph of the one of average current versus applied voltage in the range from 5kV to 15kV.

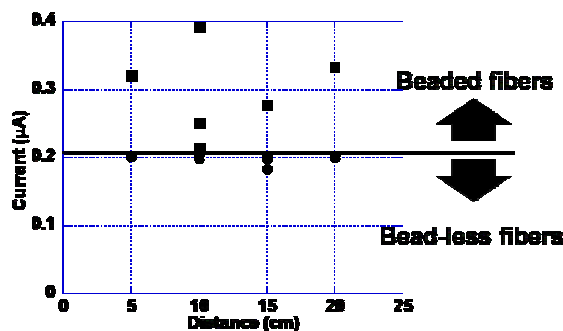


Fig. 4 Relation between electric currents and formation of beads in various spinning conditions.