

呼吸器系治療に向けた静電噴霧現象による生理食塩水の微粒化

日大生産工 ○江頭 雅之, 矢澤翔大, 工藤祐輔, 中西哲也

1. はじめに

近年、我が国の気管支喘息患者数が増加しており、厚生労働省が対策を打ち出すなど深刻な問題になりつつある⁽¹⁾。気管支喘息とは空気の通り道である気道が、運動や化学刺激物、煙草の煙といった外部の刺激により閉塞してしまう疾患である⁽²⁾。気管支喘息は呼吸困難などを引き起こし、患者の症状によっては死に至ってしまう。

気管支喘息の治療方法として、ネブライザー療法と呼ばれる治療法がある。ネブライザー療法とは気管支を広げる薬剤などを、超音波などによって霧化し、患者が霧を吸入することで患部に薬剤を送達する治療方法である。この治療方法は装置が家庭用に市販されており、多くの患者がこの方法で治療を行っている。しかし、この治療方法の最大の課題は薬剤の大半が上気道に沈着してしまい、下気道まで送達しにくいことである。

2005 年に Lerly らが電荷を持ったアレルゲンが肺にどれだけ送達されるかコンピューターシミュレーションを行った。その結果、電荷を持たないアレルゲンよりも電荷を持ったアレルゲンの方が肺に到達しやすいことが示唆された⁽³⁾。この結果は呼吸器系の疾患を持つ患者の薬剤送達に応用できると考えられている。

本研究の目的は、帯電粒子を生成する手法である静電噴霧法を用いて、呼吸器系患者用の新たなドラッグデリバリーシステムの開発を行うことである。本報では比電荷の測定実験の前段階として、生理食塩水を微粒化した際の電流値の計測や、噴霧様相の観察を行ったのでそれを報告する。

2. 実験方法

本研究で用いた実験装置の概略図を図 1 に示す。本実験で用いた貫通式ファラデーケージは $\Phi 80\text{mm}$ 、幅 100mm 肉厚 3mm の真鍮パイプの内部に $\Phi 40\text{mm}$ 、幅 80mm 肉厚 1.5mm の

真鍮パイプ、さらに絶縁体として $\Phi 74\text{mm}$ 、厚さ 3mm テフロン板の中心に $\Phi 40\text{mm}$ の貫通穴を設け、これを 2 枚用いた。テフロン板に設けた貫通穴に $\Phi 40\text{mm}$ の真鍮パイプを配置し固定した。そして、 $\Phi 40\text{mm}$ の真鍮パイプとテフロン板を $\Phi 80\text{mm}$ の真鍮パイプの内部に配置し、 $\Phi 40\text{mm}$ の貫通式ファラデーケージを完成させた。

作製した貫通式ファラデーケージ内にフィルターとしてスチールウールを用いて、静電噴霧法により生理食塩水の微粒化を行い電流の計測を行った。食塩水は食塩を体積 0.9 % Vol になるよう純水で希釈した物を用いた。計測した電流はファラデーケージに接続したエレクトロメーターに流れる電流と電源から接地に流れる電流とし、溶液の流量を変化させたときの電流値の特性を評価した。このとき貫通式ファラデーケージとノズル電極の距離は 20mm としファラデーケージ後部からポンプで吸引し噴霧を行った。溶液の流量はそれぞれ、0.1mL/h, 0.5 mL/h, 1.0 mL/h, 2.0 mL/h, 100 mL/h とし、印加電圧は-4.0kV から-8.0kV まで-1.0kV ずつ変化させ噴霧を行った。噴霧を行った際はマクロレンズを装着した一眼レフカメラを用いて様相を観察し撮影した。このときカメラのシャッタースピードは 1/40 とし ISO 感度は 6400 とし撮影を行った。

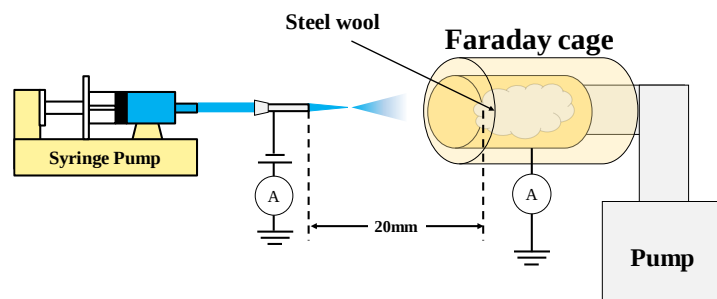


図 1 実験装置概略図

Atomization of Physiological Saline
by Electrostatic spray for respiratory treatment

Masayuki EGASHIRA, Shota YAZAWA,
Yusuke KUDO and Tetsuya NAKANISHI

3. 実験結果

3.1 噴霧様相の観察

図2の(a)に流量2.0mL/h, 印加電圧-6.0kV時の噴霧の様相を, (b)に流量100mL/h, 印加電圧-6.0kV時の噴霧の様相を示す。2つの写真を比較すると流量が速くなると噴霧の様相が広がっていることがわかる。これは、流量が速くなると粒径が大きくなるためだと考えられる。粒径が大きいくほど一つの粒子当たりの帯電量が大きくなり、粒子間に働くクーロン力も大きくなることで、粒子同士が反発しやすくなったのではないかと考えられる。

3.2 電流の計測結果

図3にエレクトロメーターで計測した印加電圧ごとの放電電流値の変化を示し、図4に電源側の印加電圧ごとの電流値を示す。

図4の電源側の電流値は溶液の流量を変化させても大きく変化しないが、図3のエレクトロメーターで計測した放電電流は溶液の流量が100mL/hに到達すると減少することがわかった。これは図2で示した通り溶液の流速が速いほど噴霧が広がったためであると考えられる。

ファラデーケージ法はファラデーケージ内に配置したフィルターに捕集された帯電粒子を電流として計測するため、粒子が入らない場合電流として計測されない。そのため100mL/h時に計測された電流値が減少したのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では静電噴霧法により生理食塩水の微粒子化を試み、そのときの噴霧様相の観察や電流を計測した。その結果、電源側の電流値は大きな変化は見られなかったが、エレクトロメーターで計測した電流値は溶液の流量を速くすると減少することがわかった。これは溶液の

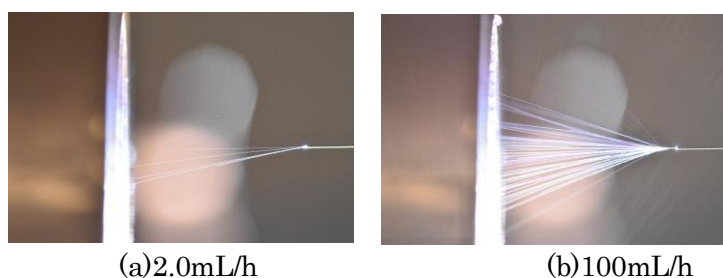


図2 流量を変化させたときの噴霧の様相

流量が速いほど噴霧が広がってしまうためである。この要因として、粒径の増加によって粒子一つ当たりの帯電量も大きくなり、粒子間のクーロン力が増加したと考えられる。今後は比電荷や粒径の計測を行う共に、シミュレーションによる呼吸器系での帯電粒子の挙動について調査する。

参考文献

- 1) 厚生労働省, “アレルギー疾患対策について”, 第一回アレルギー疾患対策協議会資料2, pp.10-12, 平成28年2月3日
- 2) 「喘息予防・管理ガイドライン2018」作成委員, “喘息予防・管理ガイドライン2018”, 協和企画, pp.2-3(2018年)
- 3) M.O'Learly et al. “The Role of Electrostatic Charge Accumulated by Respirable Sized Allergens with regard to Thunderstorm Asthma” Conference Record of The IEEE Industry Applications Conference Vol.40th, Vol.2 Page.778-783(2005)

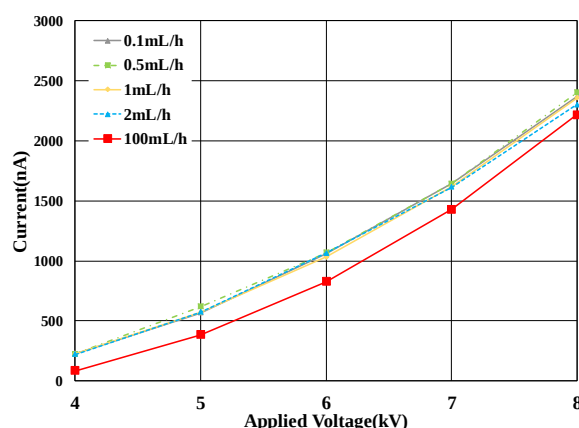


図3 エレクトロメーターで計測した放電電流

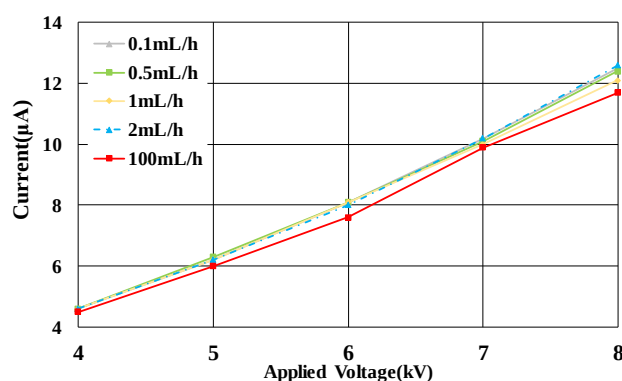


図4 計測した電源側の電流値