

ノート

# 細管先端で静電霧化により発生する 微小水滴の粒径と帯電量

永田 淳\*<sup>1</sup>, 村田 雄司\*

(2001年2月13日受付; 2001年3月28日受理)

## The Diameter and Charge Distributions of Droplets Generated at a Tip of Thin Metal Pipe by Electrostatic Atomization

Jun NAGATA\*<sup>1</sup> and Yuji MURATA\*

(Received February 13, 2001; Accepted March 28, 2001)

The distributions of specific charge and diameter of water droplets generated by electrostatic atomization at the tip of vertically-held thin metal pipe were measured on the horizontal plane 1000mm beneath the needle tip. The droplets fell down to form a corn-shape trajectories. In the region within 300mm from the center of the corn, the specific charge of the droplets were small and it did not depend on the applied voltage to the metal pipe,  $V_a$ . Outside the region, the specific charge increased with increase of  $V_a$  and the maximum value obtained was above  $10 \mu\text{C/g}$ . The diameter of the droplets within the region 400mm from the corn center was above  $100 \mu\text{m}$  which decreased with the increase of the applied voltage. On the contrary, outside the region, the diameter of all droplets were smaller than  $30 \mu\text{m}$  and they scarcely depend on both the applied voltage and the measuring position.

### 1. はじめに

微小な帯電液滴を得るためにはいくつかの方法があるが、静電霧化方式は簡単な装置で液滴への帯電と分裂が同時に行えるため、これからの応用面が期待できる。しかし、静電霧化現象は霧化および帯電過程が複雑であるため、長い間注目されて来てはいるが解明すべき現象が多い。

本研究は、静電霧化現象によって生成する微細で、かつ高帯電状態の液滴を利用することを最終目的としている。そのために、直流高電圧を印加した細管から水を滴下する際に起こる静電霧化現象で霧化された水滴について、その粒径および帯電量の空間的な分布を調べている。その研究の一環として、本実験では細管直下の水平面に落下する水滴の粒径及び帯電量分布を調べた。

### 2. 実験装置および方法

実験装置の概要を図1に示す。外径1mm、内径0.8mmのステンレス細管を鉛直下向きに固定し、これに直流高電圧を印加する。外径84mm、内径60mmのドーナツ状の対向電極を図のように配置し、接地する。細管の先端と対向電極の中心は30mm

離れている。細管は水タンクに接続され、管先端から水を流出させると、一定印加電圧以上で霧化現象が起こる。実験には水道水をそのまま使用した。水の流量は0.4~2.0ml/sの範囲で変化させたが、この範囲の流量では霧化特性に大きな変化を認めなかったため、本測定ではすべて流量0.4ml/sとした。

電極の中心軸上で電極先端から下方に1000mmの点を測定の中心点とし、測定中心点を含む水平面(測定面)上で粒径および帯電量の測定を行った。霧化された微小水滴の帯電量測定では、細管先端部で起こるコロナ放電によるイオン流との分離が難しい。網電極を用いる方法もあるが、水滴が網に付着する問題点がある。本実験では、測定面に100mm角の平板電極を水平に置き、その上に落下した水滴の電荷による極板間の電位差を測定して帯電量を求めた。この方法では、印加電圧が最大の30kVの時に、水滴を流出しない場合、30秒測定しても極板間の電位差が30mV以下であるのに対し、水滴が流出すると同じ時間で-5Vを超える電位差が得られた。このことからイオン電流の影響は測定された電位差の1/100以下であると言える。また、水が流出しているときは、流出していないときに比べて水滴への付着のため自由なイオンが減るから、この測定法での誤差はさらに小さくなる。印加電圧は0kVから-30kVまで変化させ、平板電極を図1のA~Fの位置に設置した。平板電極の静電容量は150pFであり、10000pFのスチロールコンデンサを並列に接続してある。

キーワード: 静電霧化, 帯電水滴, 微粒化

\*東京理科大学理工学部 (278-8510 千葉県野田市山崎2641)

Faculty of Science and Technology, Science University of Tokyo,  
Yamazaki 2641, Noda Chiba, Japan j7300630@ed.noda.sut.ac.jp

粒径の測定は、生成された水滴をシリコンオイルを塗布したガラス板に付着させ、その画像を光学顕微鏡により拡大し、コンピュータに取り込んで処理することにより行った。すべての測定において 200 個の水滴の粒径を測定することにより平均粒径および粒径分布を求めた。

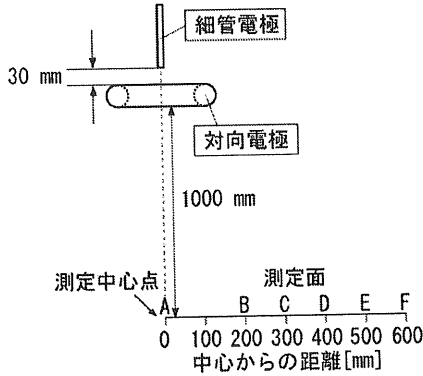


図1 実験装置の構成および測定点  
Fig.1 Schematic diagram of experimental setup

3. 実験結果及び考察

帯電量 (比電荷) と粒径の測定結果を図 2 および 3 に示す。細管から流れ落ちる水滴は印加電圧 3kV 以上で分裂を開始した。静電霧化された微小な水滴は、細管の先端を頂点として円錐状に飛散し落下する。測定中心点から水平に距離 300mm までの範囲内の水滴の比電荷は  $-1 \mu\text{C/g}$  以下で、その値は印加電圧にほとんど依存しない。しかしその外側では、比電荷は中心から離れるに従って増大して行く。またこの領域では比電荷は印加電圧に依存して増加し、印加電圧 25kV 付近で飽和する傾向を示す。測定中心からの距離 600mm、印加電圧 15kV で比電荷の最大値は  $-10 \mu\text{C/g}$  を越えた。

印加電圧が 10kV 以上になると、測定中心から 300mm までの測定面内の点では印加電圧の上昇に伴って平均粒径は小さくなるが、 $100 \mu\text{m}$  以下になることはなかった。これに対して、測定中心から 400mm より外側では、同じ条件で平均粒径が  $20 \mu\text{m}$  以下となり、この値は印加電圧を高くしてもほとんど影響がない。図 3 に X および Y と記入した印加電圧 15kV、測定中心から 300mm および 600mm の点での粒径分布を図 4 に示す。この図から、水滴の粒径は、ほぼ  $30 \mu\text{m}$  以下と  $100 \mu\text{m}$  以上に分かち、測定中心に近い X 点では前者と後者が入り交じり、これより遠い Y 点では前者が圧倒的に多いことがわかる。粒径がこのような分布を示すのは、帯電水滴の落下中に水滴同士の静電反発力が作用した結果と考えられる。X 点で小粒径の水滴が混ざっている理由は、小粒径でも帯電量の多くない水滴があるのではないかと考えられるが、個々の水滴の帯電量分布を測定してみないとはっきりしたことは言えない。

本測定の結果から、細管直下の円筒領域内の水滴を何らかの方法で取り除けば、粒径が小さく、高比電荷の水滴を得られることがわかった。

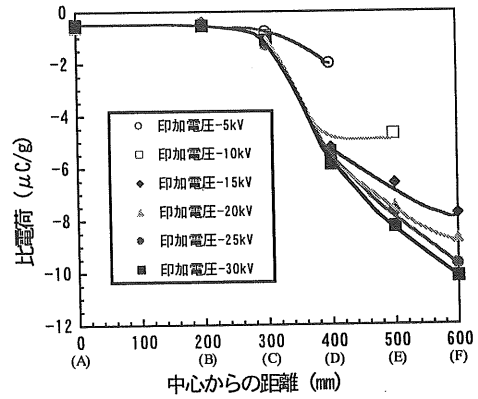


図2 水滴の比電荷と測定位置  
Fig.2 Specific charge of droplets as a function of measuring position

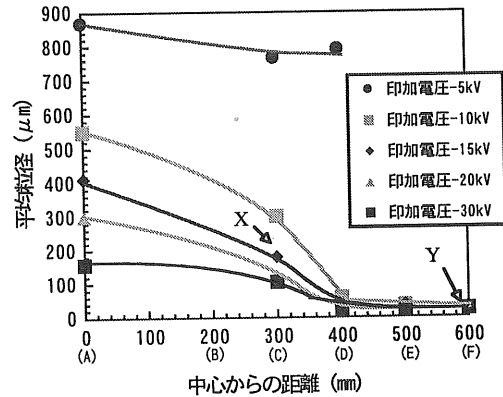


図3 水滴の平均粒径と測定位置  
Fig.3 Average diameter of droplets as a function of measuring position

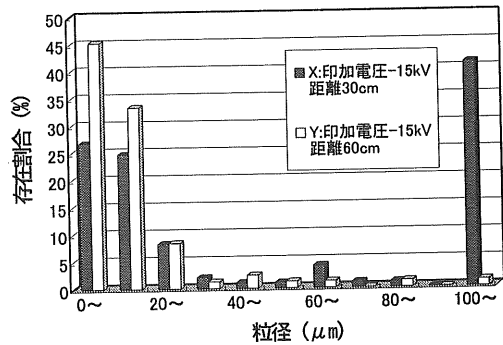


図4 水滴の粒径分布  
Fig.4 Distribution of diameter of droplets

4. まとめ

静電霧化現象を用いて、高い比電荷を持つ微小水滴を得るためには、細管の鉛直下方より離れた点での水滴を取り出せばよいことがわかった。本実験では印加電圧 15kV 以上で粒径が  $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 、比電荷  $10 \mu\text{C/g}$  を持つものが得られた。

参考文献

- 1) 渡辺彰：静電気学会誌, 10(1986)2
- 2) 渡辺彰：応用物理, 37(1968)314
- 3) 杉本俊之, 東山禎夫, 浅野和俊：電学論 A, 114(1994)18
- 4) 濱本伸夫, 中島耀二, 佐藤孝：静電気学会誌, 15(1991)452
- 5) M.Cloupeau, B.Prunet-Foch : J.Electrostatics, 25(1990)165
- 6) R.P.A.Hartman, J.-P.Borra, D.J.Brunner, J.C.M.Marijnissen, B.Scarlett : J.Electrostatics, 47(1999)143