

I303

超音波照射に付随する突出液滴挙動の可視化解析

(同志社大院工) (学)吉木 裕一 (学)福田 顕司 (同志社大理工)(正)森 康維
(霧化分離研究所)(正)松浦 一雄 (同志社大理工)(正)土屋 活美*

緒言 超音波の工学的利用の中で超音波霧化法というものがある。超音波霧化法とは、高周波数 (MHz 帯) の超音波を液中から液面に向かって照射して液表面に液柱を形成させ、液柱表面から微小液滴群 (ミスト) を生成する手法であり、薬液塗布器や燃料噴霧装置などで幅広く応用されている。特にエタノール水溶液に超音波を照射すると、エタノールが濃縮されたミストが発生するが、その発生量や濃縮率の制御、また発生機構に関して不明な点が多い¹⁾。本研究では、突発的に噴出する液滴に注目し、高速度・高解像度可視化解析を通じて、運動エネルギーの評価に基づく検討を行った。

実験方法 霧化には、2.4 MHz の投込み式超音波霧化ユニット (本多電子 HM-303N) を用いた。振動子への印加電圧は 20 W とし、液相には 20, 40, 60, 80 wt% エタノール水溶液を用いた。光源にメタルハライドランプ (Lighterace MID-25FC) を背面光、もしくは Nd:YAG (532 nm) レーザ・シート光を側射光として用い、高速度カメラ (REDLAKE MotionPro X-4: 撮影速度 10,000 fps, 露光時間 1–60 μ s) で撮影した。撮影した画像はミスト発生状態を明確に表示するため擬似カラー化し、焦点距離が維持され、輪郭が明確に確認できる液滴のみを選択的に解析した。解析には PTV 解析ソフト (DITECT Dipp-Motion 2D) を用いた。

実験結果および考察 Fig. 1 に撮影した液柱の原画像 (上側) および擬似カラー化した画像 (下側) を示す。原画像において、20 wt% では高速で噴出する液滴とともにミスト発生が確認できたものの、濃度の上昇に伴い確認できるミスト発生割合は減少し、60 wt% を超えると確認できなかった。ただし擬似カラー化することで 60 wt% でも、微量ではあるが、高速で噴出する液滴とともにミスト発生が確認できた。20, 40, 60 wt% において、噴出する液滴の液滴径と噴出速度の関係を Fig. 2 に示す。Fig. 1 で観察され、ほぼ球形として確認可能な液滴の噴出速度は約 1 m/s であるが、Fig. 1 の楕円内において確認できるミストを誘発する突出液滴は大きなもので約 25 m/s と、非常に高い運動エネルギーを持っていることが分かった。

周波数が MHz 帯になると超音波振動子からのエネルギーがある領域に集中することが報告されており²⁾、ノズルを用いてさらにエネルギーを集中させることで、突発的に噴出する液滴を誘発していると考えられる。ナノサイズ・ミストが濃縮に関与していると考えられているため³⁾、噴出速度が遅い液滴 (Fig. 2 中の \circ , \triangle , ∇) の発生を抑制し、突発的に噴出する液滴 (Fig. 2 中の \bullet , \blacktriangle , \blacktriangledown) の発生を促進させることで、霧化効率は向上すると考えられる。Fig. 1 におい

て 80 wt% では突発的に噴出する液滴が確認できず、非常に安定な液柱が形成された。確認できない規模で液滴が噴出していることが考えられるが、さらなる実験・検討が必要である。

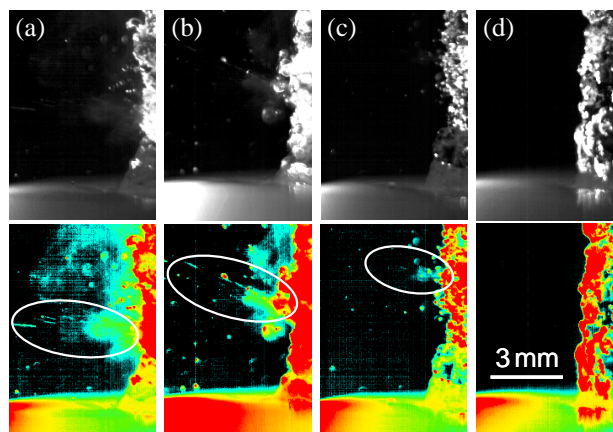


Fig. 1 Images of droplets discharged at high velocities from liquid column of (a) 20, (b) 40, (c) 60 and (d) 80-wt% ethanol solutions.

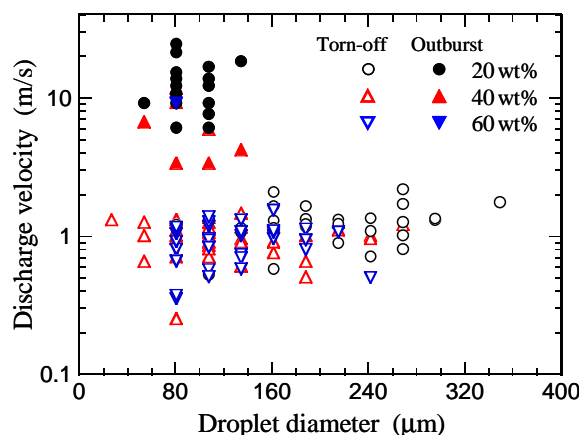


Fig. 2 Relationship between droplet diameter and velocity of bursting droplets for 20, 40 and 60-wt% ethanol solutions.

参考文献

- 1) M. Sato, K. Matsuura and T. Fujii, *J. Chem. Phys.*, **114**, 2382 (2001).
- 2) L. Hallez, F. Touyeras, J. Y. Hihn, J. Klima, J. L. Guey, M. Spajer and Y. Bailly, *Ultrasonics*, **50**, 310 (2010).
- 3) Y. F. Yano, K. Mastuura, T. Fukazu, F. Abe, A. Wakisaka, H. Kobara, K. Kaneko, A. Kumagai, Y. Katsuya and M. Tanaka, *J. Chem. Phys.*, **127**, 031101 (2007).

謝辞 本研究は、四国経済産業局 戦略的基盤技術高度化支援事業の一環として実施したものである。

E-mail: ktsuchiy@mail.doshisha.ac.jp