

超音波霧化法によって発生したナノ液滴の粒径制御 Control the size of nano-droplets in mist generated by ultrasonic atomization

矢野陽子^a, 深津鉄夫^b, 林秀哉^c, 井上勝晶^d

Yohko F. Yano^a, Tetsuo Fukazu^b, Hideya Hayashi^c, and Katsuaki Inoue^d

^a立命館大学, ^b超音波醸造所, ^c同志社大学, ^d高輝度光科学研究センター

^aRitsumeikan University, ^bUltrasound Brewery Co., Ltd., ^cDoshisha University, ^dJASRI

BL40B2にてX線小角散乱測定を行い、超音波霧化により発生したミストの粒径分布測定を試みた。410および100cmの2つのカメラ長を使い分けることにより、 $0.002 < q < 0.6 \text{ \AA}^{-1}$ の広い範囲の散乱プロファイルを得ることができた。超音波投入パワー依存性について検討したところ、水の場合はマイクロドロプレットの発生量を増やし、エタノールの場合は液滴を微細化することがわかった。

Small-angle X-ray scattering measurements of liquid droplets in mist generated by ultrasonic atomization were carried out using the BL40B2 beamline at SPring-8. We used two beam paths of 410 and 100 cm to obtain a wide q range of $0.002 < q < 0.6 \text{ \AA}^{-1}$. With increasing the power input into the ultrasonic oscillators, the amount of the droplets increases for water, whereas the size of the droplets decreases for ethanol.

Small-angle X-ray scattering, ultrasonic atomization, mist

背景

液体に高周波数の超音波を照射すると霧状の液滴を生じる。この現象は超音波霧化と呼ばれ、小さい投入エネルギーで微細な液滴を生成する手段として、従来から液滴微粒化技術として注目されてきたが、近年、超音波霧化による水溶液からのエタノール分離の報告[1]を契機として研究が急速に進展している。我々は、2005A - 2006A期に実施したX線小角散乱測定から、エタノールでは平均粒径が1 nmの液滴が発生することがエタノール分離の原因であることを突き止めた [2]。現在は液体内部における分子レベルでの会合状態が超音波霧の粒径を決めると考えているが、一方、超音波の投入パワーを下げると、エタノールでも霧が

目視できることから、液体の物性だけでなく、外的要因によって粒径を制御できることが示唆される。よって、本研究では、超音波の投入パワーを変えながら超音波霧の粒径分布をX線小角散乱によって測定することで「粒径を決めるファクター」を明らかにし、粒径の制御に発展させることを目的とする。霧状のナノ液滴の大きさが制御できれば、様々な応用技術への展開が期待される。

これまでの経緯

本研究は2005A - 2006Aまでは、BL15XUの高精度粉末X線回折計を用いて小角散乱測定を行ってきたが、スキャンに時間がかかり（1点30秒で40分間）霧の状態が変化するのでないかという懸念があることと、

空気散乱を極力減らしたいという理由から、2007Aから小角散乱専用BL40B2ビームラインに実験を移した。2007Bでは、超音波振動子の数を5倍にし、霧の発生量を上げることで高角部のS/Nの向上を図った。

実験

実験は、BL40B2の小角散乱ビームラインに超音波醸造所が製作した超音波霧化槽を持ち込んで行った。本霧化槽には15個の超音波振動子が設置されている。発生したミスとは空気流によって試料位置まで誘導した。410および100cmの真空パスを用い、X線の波長は1.5 Åに設定した。検出器にはイメージングプレートを用い、露光時間は10分とした。測定は室温で行い、超音波振動子の投入パワーを変えてミスの散乱を観測した。

結果と考察

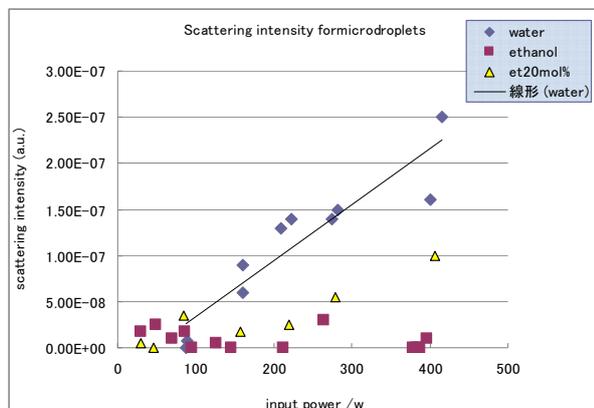


図 1 マクロドロップレットに起因した散乱強度の超音波入力パワー依存性

410および100 cmの2つのカメラ長を使い分けることにより、 $0.002 < q < 0.6 \text{ \AA}^{-1}$ の広い範囲の散乱プロファイルを得ることができた。散乱強度を両対数プロットすると、2つの傾きで表せることがわかった。大きいほうはマイクロメータ、小さいほうはナ

ノメータの粒径に相当する。両者の散乱強度は、ドロップレットの発生量に比例する。

図 1 は、マイクロドロップレットの散乱強度の超音波投入パワー依存性である。水は、投入パワーに依存して発生量が多くなっているが、エタノールの場合は逆の傾向を示す。またエタノール20mol%は、水よりも強度が低いものの水と同じ傾向を示した。一方、ナノドロップレットは、図 2 のように水はほとんど発生しないが、エタノールおよび20mol%水溶液では、投入パワーとともに発生量が多くなった。

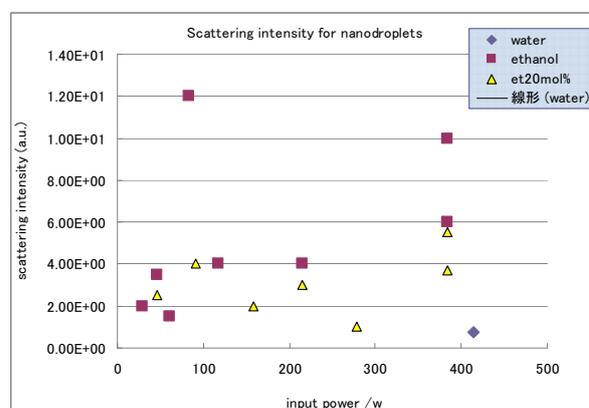


図 2 ナノドロップレットに起因した散乱強度の超音波入力パワー依存性

以上のことから、超音波のパワーは水の場合はマイクロドロップレットの発生量を増やし、エタノールの場合は液滴を微細化することに費やされていると言える。

参考文献

- [1] M. Sato, K. Matsuura and T. Fujii, J. Chem. Phys., **114**, 2382-2386 (2000).
- [2] Yohko F. Yano, et. al., J. Chem. Phys.(commun.), **127**, 031101 (2007)