

超音波霧化法によって発生したナノドロップレットの粒径制御 Control the size of nanodroplets generated by ultrasonic atomization

矢野陽子¹, 松浦一雄², 小原ひとみ³, 田中優美⁴, 林秀哉⁴, 井上勝晶⁵

Yohko F. Yano¹, Kazuo Matsuura², Hitomi Kobara³, Yumi Tanaka⁴, Hideya Hayashi⁴, and Katsuaki Inoue⁵

¹立命館大学, ²超音波醸造所, ³産業技術総合研究所, ⁴同志社大学, ⁵高輝度光科学研究センター

¹Ritsumeikan University, ²Ultrasound Brewery Co., Ltd.,

³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Doshisha University, ⁵JASRI

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エタノール/水ミストの粒径分布測定を試みた。キャリアガスに空気あるいはヘリウムを用いたところ、エタノール 20mol%以下ではヘリウムガスの方が粒径が小さくなったが、30mol%以上では逆の傾向を示したことから、キャリアガスはミストの2次蒸発を助けるのではなくミストの発生自身に影響を及ぼしていると思われる。

Small-angle X-ray scattering measurements of ethanol/water droplets in mist generated by ultrasonic atomization were carried out using the BL40B2 beamline at SPring-8. Using He carrier gas instead of air, smaller droplets were generated from ethanol of < 20 mol%, while larger droplets were generated from ethanol of > 20 mol%, suggesting that generation of the droplets are highly affected by the carrier gas.

Small-angle X-ray scattering, ultrasonic atomization, ethanol/water mixture 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。分離技術のみならず、霧化の可視化による現象の理解への試みや微細液滴の反応場としての応用も報告されている。我々が2005A - 2006A期に実施したX線小角散乱測定からは、エタノールからは平均粒径が1 nmの液滴が発生していることがわかり、これまでマイクロメーターオーダーだとされていた超音波霧の常識を覆すこ

ととなった[2]。実際、水ではマイクロメーターオーダー、エタノールでは1nmの霧が発生している(図1)ことから、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される。

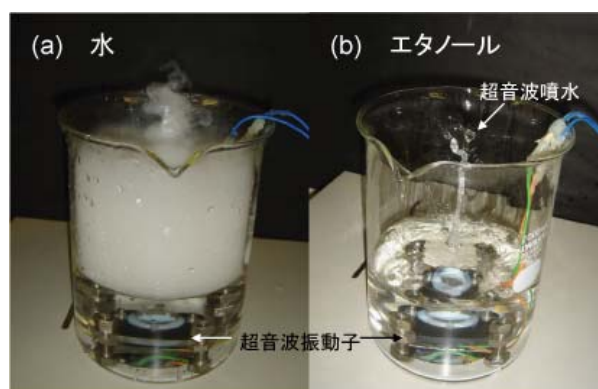


図1 超音波霧化の様子

一方、共同研究者の一人である松浦らは、希ガス雰囲気下で超音波霧化を試みたところ

ろ、空気中では白煙のようだった霧がHe雰囲気下では目に見えなくなったことから、共存する気相によっては超音波霧の2次蒸発が起こり、粒径が小さくなることを提唱している。このことは、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を示唆している。よって、本研究では、様々な液体や、気相の雰囲気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。

実験



図 2 超音波霧化槽

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。図2のようにイオンチェンバーから100cmの真空パスまでの間11cmの間に霧化槽を設置した。X線の波長は 1.5\AA に設定した。3つに直列につないだ超音波振動子へ入力パワーは24V, 2Aとした。

測定は室温で行い、エタノール濃度、キャリアガスの種類（空気とヘリウム）を変えてミストの散乱を観測した。

結果と考察

図3にエタノール20mol%水溶液を超音波霧化させ、キャリアガスの種類を変えた時の小角散乱プロファイルを示す。比較のために前回BL15XUにて母液の温度を変えた時のデータも載せてある。20°Cでは1nmのミストしか発生しないが、50°Cに上げると100nm以上の粒径を持つミストが発生し始める。一方、今回キャリアガスを空気からヘリウムに変えると、100nm以上の粒径を持つミストが減り、1nmのミストの発生が顕著になった。この傾向はエタノール30mol%以上では逆転したことから、単にヘリウムガス中でミストの2次蒸発が起こったのではないことをうかがわせる。

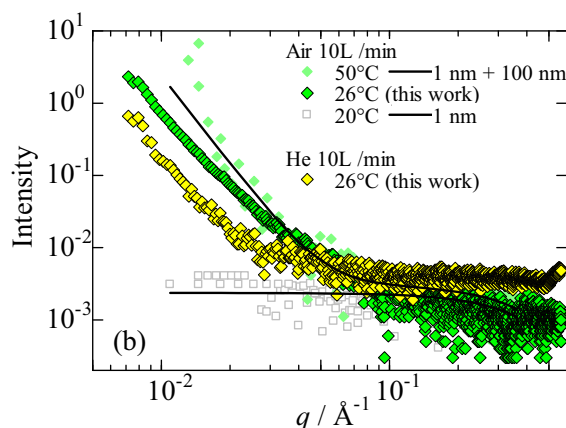


図 3 エタノール 20mol%の SAXS 強度

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).