

SAXS/WAXS その場観察による超音波霧発生メカニズムの解明 SAXS/WAXS study on the mist generation by ultrasonic atomization

矢野陽子¹, 松浦一雄², 深津鉄夫², 谷口翔¹, 太田昇³

Yohko F. Yano¹, Kazuo Matsuura², Tetsuo Fukazu², Sho Taniguchi¹, and Noboru Ohta³

¹立命館大学, ²超音波醸造所, ³高輝度光科学研究センター

¹Ritsumeikan University, ²Ultrasound Brewery Co., Ltd., ³JASRI

BL40B2にてX線小角散乱測定を行い、静電霧化により発生したミストの粒径分布測定を試みた。小角散乱強度曲線は超音波霧化法によって得られたものと非常に良く似ていたことから、発生した液滴のサイズは溶液構造に支配されていると考えられる。

Small-angle X-ray scattering (SAXS) measurements of liquid droplets in mist generated by electrospray were carried out using the BL40B2 beamline at SPring-8. The SAXS profiles for water and ethanol droplets are similar to those generated by the ultrasonic atomization, suggesting that the droplet size is controlled by the local structure of the liquids themselves.

キーワード : Small-angle X-ray scattering, electrospray, 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BL15XUにおいて実施したX線小角散乱測定から、従来超音波霧化法によって発生する液滴径は数 μm であるのにもかかわらず、エタノールでは平均粒径が1nm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]。2007Aからは小角散乱専用BL40B2ビームラインに実験を移し「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している。

これまでの経緯 : 2007A以降は、下のよう霧化条件を変えて粒径分布測定を行った。

1. エタノール濃度 (2007A40B2)
2. 溶液の温度 (2007A45XU)
3. 同伴ガス流量 (2007A45XU)
4. 同伴ガス種 (2007A40B2)
5. 超音波の入力パワー (2008A40B2)

各条件によってマイクロメータサイズまたはナノメータサイズの液滴数がどう変化するかを小角散乱強度から見積もったところ、表1のようになった。これにより、「粒径を決めるファクター」は、『気液平衡』『溶液構造』『超音波の作用』の3つがあることがわかる。

2008Bは、SAXS/WAXS併用測定により、ミストの構造を分子レベルで理解しようという計画だったが、実際割り当てられたビ

表 1 霧化条件の違いと発生するミスト

| | マイクロ | ナノ | 要因 |
|----------|------|----|--------|
| ET濃度 | 減少 | 増加 | 溶液構造 |
| 温度 | 増加 | 減少 | 気液平衡 |
| ガス量 | 増加 | 増加 | 気液平衡 |
| He | 減少 | 減少 | 気液平衡 |
| US power | 増加 | 増加 | 超音波の作用 |

ームタイムが3シフトしかなく、カメラ長を変える時間がないと考えて、静電霧化によって得られる液滴の小角散乱測定を行うことにした。よって本研究では、静電霧化で発生した液滴径を超音波霧化と比較することで、ナノメートルサイズの液滴と『超音波の作用』の相関について検討する。

実験： 実験は、BL40B2の小角散乱ビームラインに図1のような静電霧化装置を設置して行った。100cmの真空パスを用い、X線の波長は1.5Å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80°Cの水（微量の界面活性剤を混合）またはエタノールから発生したミストの散乱を観測した。

結果と考察： 図2に得られた小角散乱強度を示す。水は q^{-4} 、エタノールはほぼフラットなプロファイルを示しており、両者とも超音波霧化法によって発生したミストの散乱プロファイルと非常に良く似ていることがわかる。よって水はマイクロメートル、エタノールはナノメートルオーダーに中心粒径を持つ。

以上のことから、静電霧化法によって発生したミストは超音波霧化法と同様の粒径

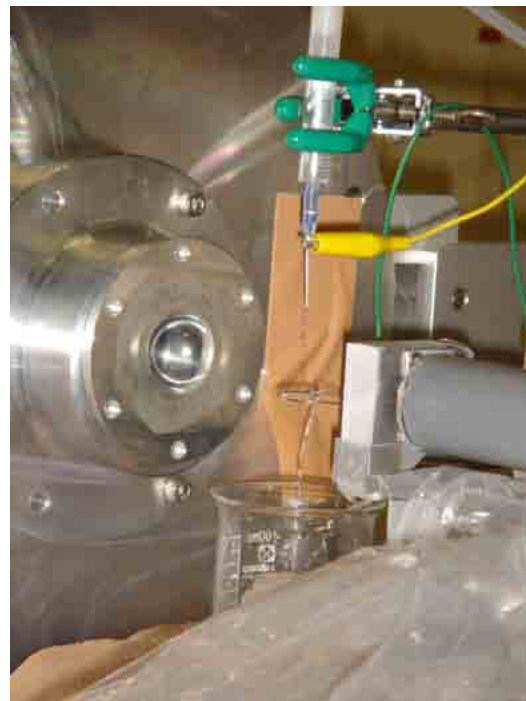


図 1 静電霧化装置

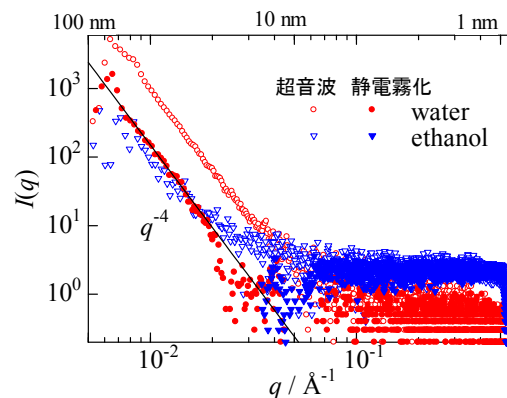


図 2 小角散乱強度

分布を示すことがわかった。このことより、「粒径を決めるファクター」が『超音波』特有の作用によるものではないことが明らかとなった。

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)