

LNH₃スプレーの特性評価と 単一LNH₃液滴からの光散乱

Walter Schäfer^{1,*}, Peter Augustin², Patrick Stegmann³, Lukas Eich², Wilko Rohlf²,
Manuel Reddemann²

1. ai-quanton GmbH, Dr.-Werner-Freyberg-Straße 7, 69514 Laudendach, Germany

2. RWTH Aachen University, WAS, Germany

3. University of Maryland (UMD) & NASA GSFC, Greenbelt MD, USA

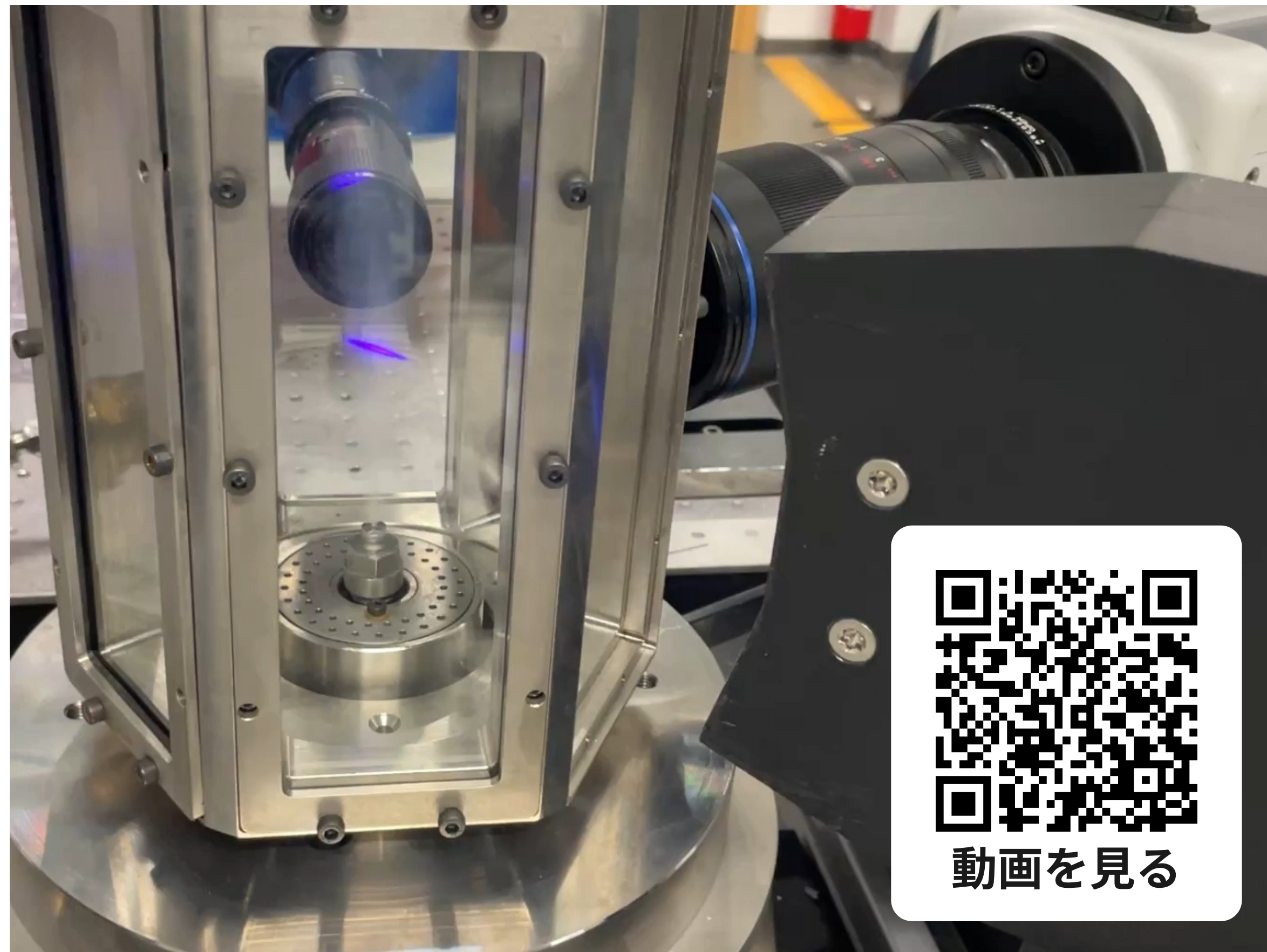


図1: 中央に燃焼室、右側に測定プローブを配置した実験装置。

1 動機

高密度スプレー中の光学的な液滴特性評価は、レーザー回折法、位相ドップラー法、画像法など、**前方散乱**に基づくすべての手法にとって特に難しい課題である。原因は、スプレー内での吸収による光の強い減衰と、評価に必要な散乱光に重なってそれを歪める多重散乱である。さらに、光学的なアクセスが限られることが多く、前方散乱法はいっそう制約され、あるいは適用できなくなる。

光学アクセスが限られたこのような高密度スプレーは、特に**燃焼研究**で生じる。たとえば、スプレーを生成して着火する密閉型燃焼室である。液滴はノズルを出た直後のごく短い間しか存在しない。アンモニアスプレー（LNH₃スプレー）では、液滴が**気体内包物**を含むこともある。

2 測定原理

前方散乱法の制約を克服し、気体を内包する液滴を検出するため、本研究では**後方散乱**に基づく測定手法**TSTOF** [1] を用いる。この手法は2次の光散乱を捉える。検出される信号は液滴を2回通過するため、液滴の内部構造に関する情報も含む。TSTOFでは液滴1個につき4つの光散乱信号を記録し、そこから液滴の速度とサイズを冗長に決定できる。

$$I(x, y, z) = \frac{2 P_0}{\pi w_x(z) w_y(z)} \text{Exp} \left\{ -\frac{2x^2}{w_x^2(z)} - \frac{2y^2}{w_y^2(z)} \right\} \xrightarrow{y \rightarrow \infty, z \rightarrow 0} I(x) = I_0 \text{Exp} \left\{ -\frac{2x^2}{w_{x0}^2} \right\} \xrightarrow{v = x/t} S(t) = \sum_p^{\{0, 1, 2, 1, \dots\}} S_p \left\{ -\frac{2(t - t_p)^2}{\sigma^2} \right\}$$

ガウスビームの強度分布 焦点における飛行方向の
プロファイル ガウスピークの和としての
時間信号

3 アンモニア噴流の分裂形態

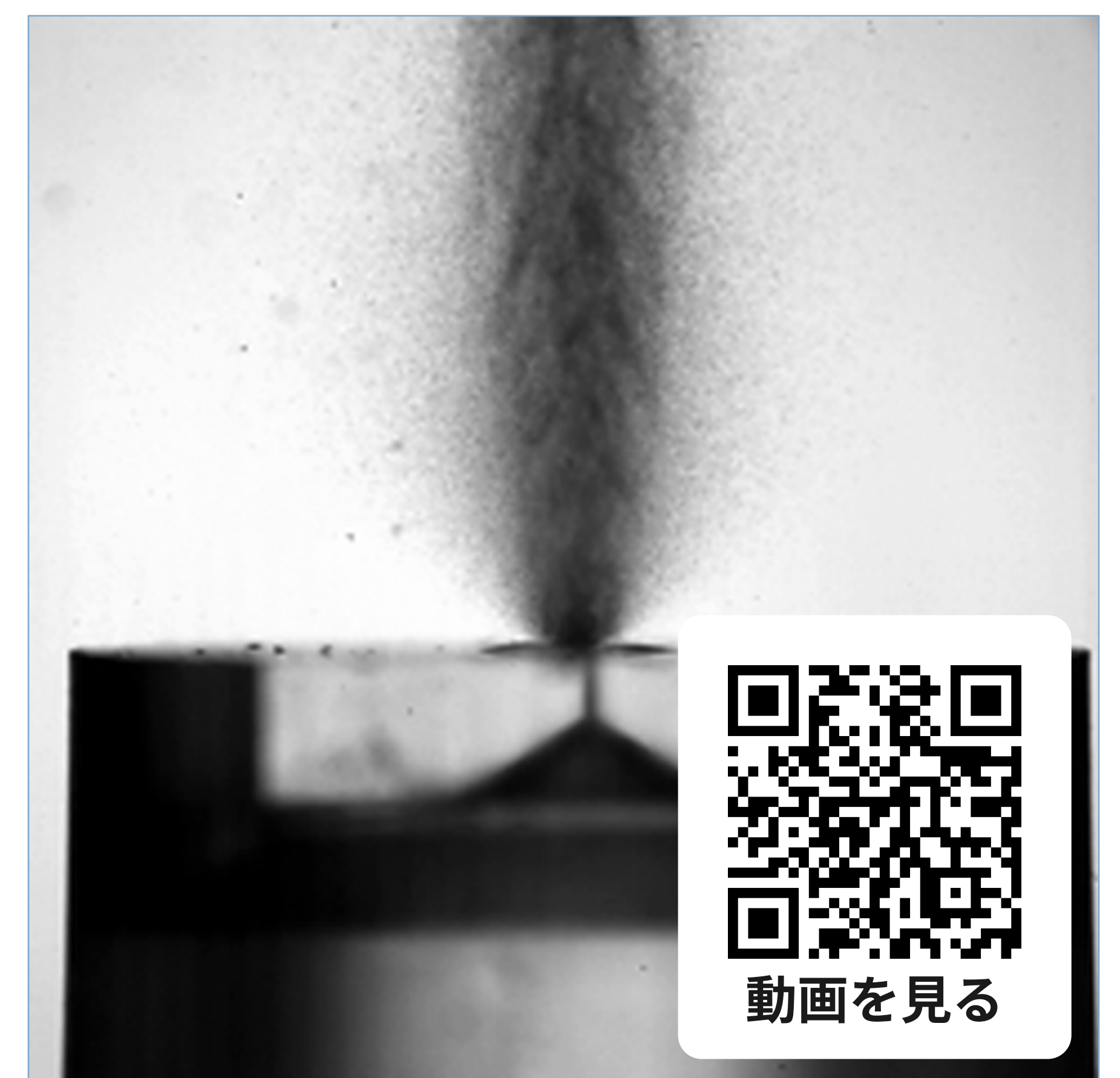
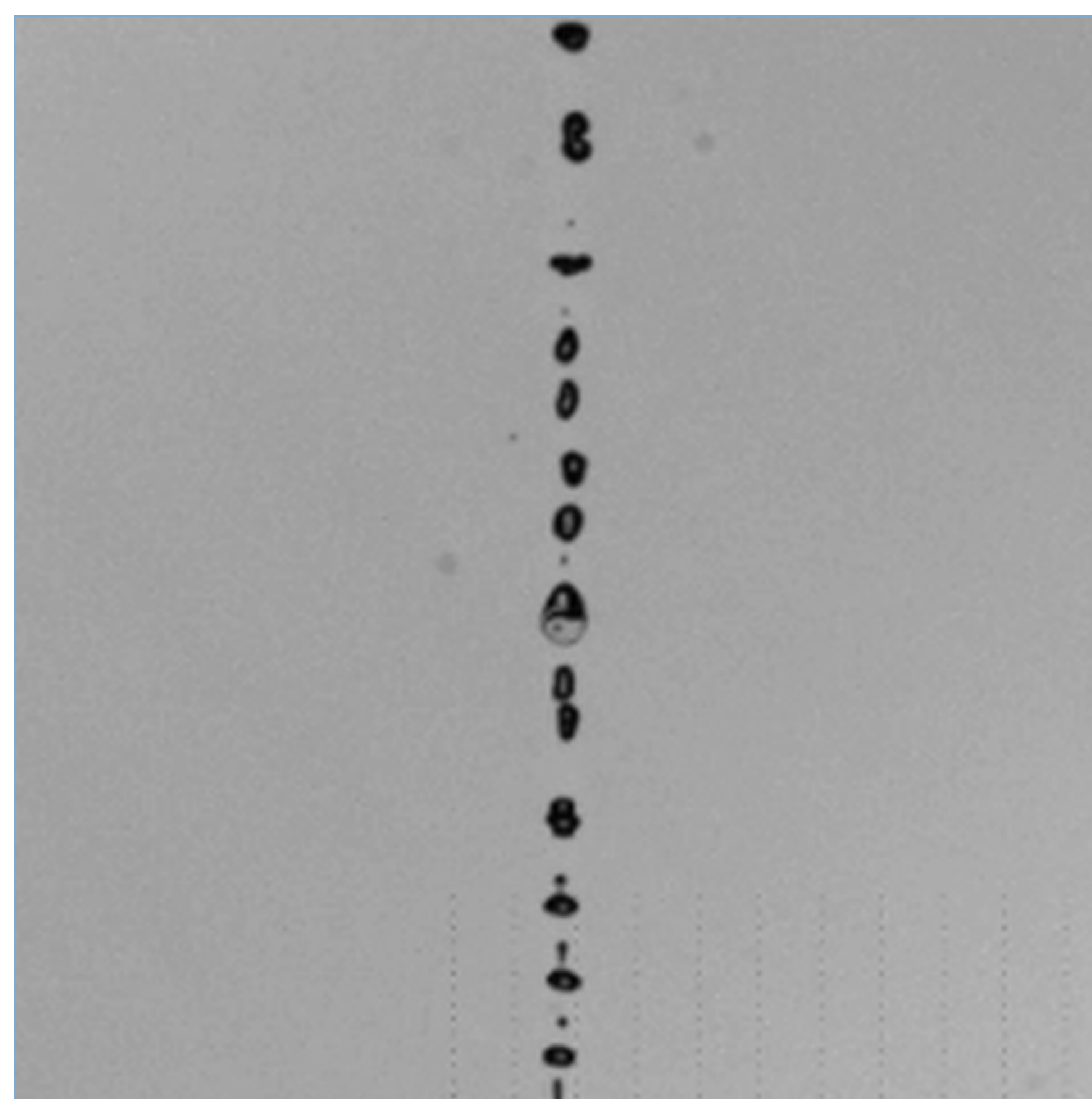
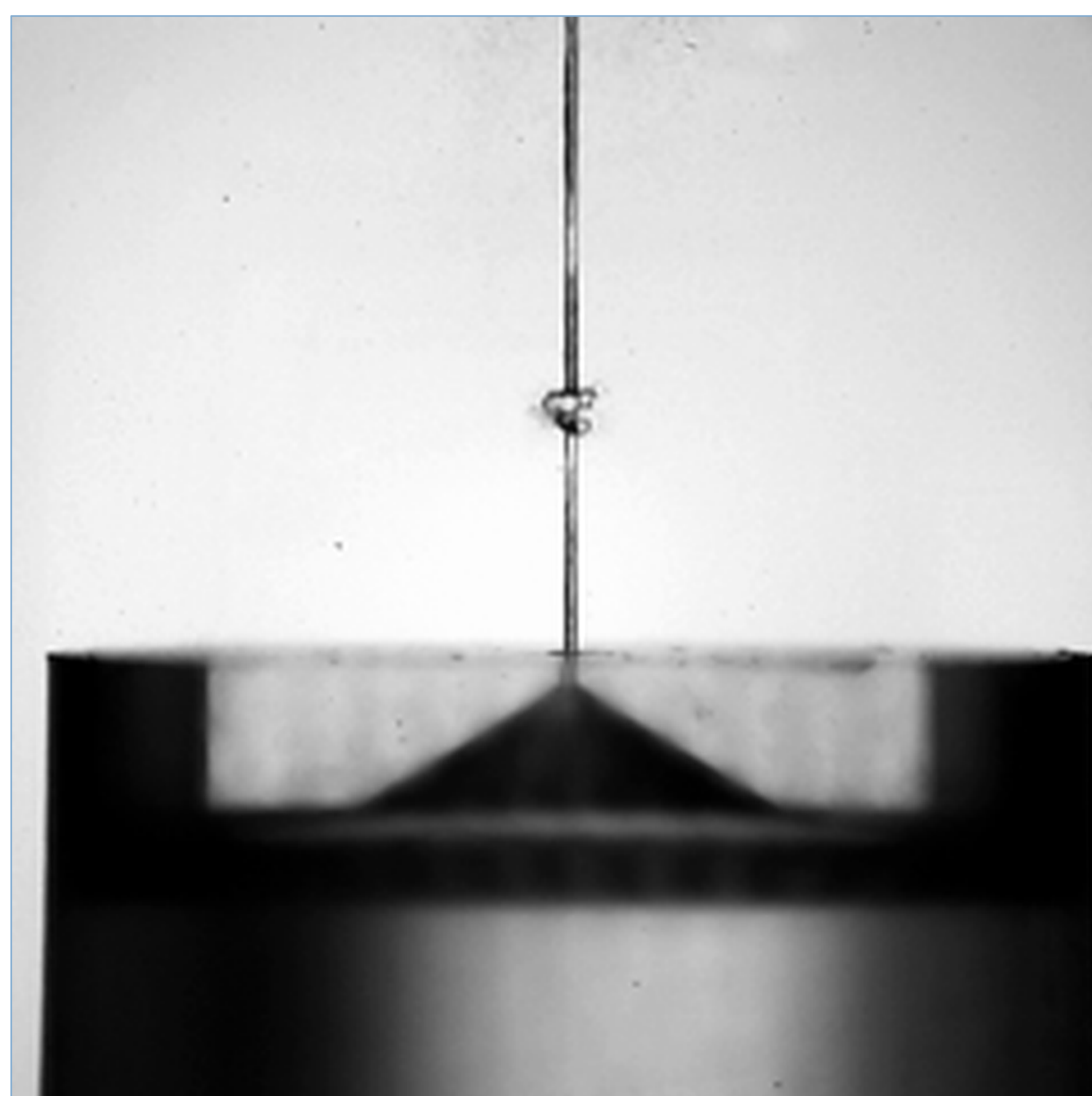


図2: 形状と過熱度を変えたホウケイ酸ガラスノズル（D = 100 μm）出口でのアンモニアの分裂形態。**左**：短い流路（L/D = 2.5）と高い過熱度（R = 13）における遷移領域。ノズル出口直後で液体噴流が破裂する特徴的な挙動。**中央**：下流の液滴領域の詳細。レイリー・テイラー不安定性によって一次的に形成された液滴が、内部の気泡生成とフラッシュ蒸発により二次分裂する。**右**：延長した流路（L/D = 10）と中程度の過熱度（R = 8）における十分に発達したフラッシュボイルングスプレー。

ドイツ研究振興協会（DFG）の助成による（プロジェクト番号 523959480、SPP 2419）。

[1] W. Schäfer, *Time-Shift Technique for Particle Characterization in Sprays*. Ph.D. dissertation, Technische Universität Darmstadt, Germany, 2012; book edition: Berlin, Germany, 2013, ISBN 979-8161309988. <https://amzn.eu/d/08dPYjDf>

* 責任著者：info@ai-quanton.com