

日本液体微粒化学会 微粒化研究推進助成 研究課題実施終了報告書

研究課題名：「気流による単一液滴微粒化の体系化」

研究代表者：東海国立大学機構岐阜大学 工学部 機械工学科 助教 朝原 誠

助成期間：2020年4月1日～2022年3月31日（2年間）

1. 概要

本研究では、液体微粒化の体系化に向け、気流による単一液滴微粒化の定式化を目指し、以下の式を得た。

2. 微粒化開始時間

バックライト撮影による単一液滴の射影から、軸対称を仮定することで親液滴体積を算出し、射影から換算される親液滴体積が初期親液滴体積から大きく変化する時刻を微粒化開始時間と定義した。Weber 数をパラメータとした実験結果から、微粒化開始時間

$$\frac{t_s}{t_d} = 2.98(We - 80)^{-0.484}, \quad Oh \ll 1, \quad 80 < We < 3000 \quad (1)$$

を得た。

3. 微粒化完了時間

微粒化時系列画像のアンサンブル平均輝度値分布において、低輝度領域速度の経時変化に注目した。親液滴がフラグメントよりも十分に大きい場合、親液滴は数ピクセルの低輝度領域となるが、親液滴がフラグメントスケールまで小さくなる場合には、輝度から親液滴を特定することは不可能になり、低輝度領域の速度は不規則となる。この低輝度領域速度変化の特徴から微粒化完了時間を定義し、Weber 数をパラメータとした実験結果から微粒化完了時間

$$\frac{t_{dis}}{t_d} = 1.1 \quad (2)$$

を得た。さらに、微粒化完了までに親液滴が移流する距離 x_{dis} は

$$\frac{x_{dis}}{d_0} = 8.4 \quad (3)$$

により与えられる。これらの式から、微粒化完了時間と距離は Weber 数に依存しないことがわかった。

4. 粒径分布

シャドウサイジング法により得られた粒子の 2 次元投影画像から、粒子の直径と 3 次元座標の同定法を開発し、単一液滴微粒化によるフラグメントサイズを測定した。Weber 数をパラメータとした実験結果に対するデータ科学的分析の結果、平均粒子径 $d_{\mu l}$ と標準偏差 $d_{\sigma l}$

$$d_{\mu l} = \sum_{n=1}^3 \sum_{m=1}^3 c_{mn} \tau^{n-1} We^{m-1}, \quad C = [c_{mn}] = \begin{bmatrix} -7.23 \times 10^{-1} & 6.20 \times 10^{-4} & 3.44 \times 10^{-7} \\ 4.13 & -1.60 \times 10^{-3} & 0 \\ 3.82 \times 10^{-1} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$
$$d_{\sigma l} = \sum_{n=1}^3 \sum_{m=1}^3 e_{mn} \tau^{n-1} We^{m-1}, \quad E = [e_{mn}] = \begin{bmatrix} -1.64 & 2.66 \times 10^{-4} & 3.87 \times 10^{-8} \\ 3.28 & -4.20 \times 10^{-4} & 0 \\ 6.88 \times 10^{-1} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

を得た。

[成果]

国内学会発表：4 件；微粒化シンポジウム（2020, 2021）、化学工学会学生発表会（2021）、流体力学講演会（2021）

国際学会発表：2 件；ICLASS2021（2 件）

論文発表：掲載済 1 報（Physics of Fluids, 2022）、投稿中 1 報（IJMF）

受賞：2 件；微粒化シンポジウム優秀講演賞（2020）、日本機械学会東海支部研究賞（2021）