大気圧非平衡プラズマ中のインクジェット液滴の蒸発挙動の観察

Observation of evaporation behavior of inkjet droplets in atmospheric pressure non-equilibrium plasma

東大院新領域 [1]，学振特別研究員 DC[2]，産総研オペランド OIL[3]，慶應大法 [4]

○(DC)新田 魁洲 [1, 2]，　宗岡 均 [1]，清水 禎樹 [3]，小林 宏充 [4]，寺嶋 和夫 [1, 3]，伊藤 剛仁 [1, 3]

Univ. of Tokyo [1], JSPS Research Fellow [2], AIST [3], Keio Univ. [4], ○(DC)Kaishu Nitta[1, 2], Hitoshi Muneoka[1], Yoshiki Shimizu[3], Hiromichi Kobayashi[4], Kazuo Terashima[1, 3], Tsuyohito Ito[1, 3]

E-mail: nitta@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

【背景・目的】近年、液相と大気圧非平衡プラズマとの相互作用を用いたプラズマプロセスが注目を集めており、幅広い分野でその応用展開が進められている[1]。液相に液滴を用いた材料プロセス開拓も精力的に進められており[2, 3]、そこでは液滴の蒸発とともに反応が進行する。雰囲気ガス温度が液滴蒸発に大きく寄与することは自明であるが[4]、電子やラジカル等によるエネルギー付与がどの程度蒸発過程に寄与しているか等、プラズマと液滴の相互作用の理解および制御は、未だ課題を残している。本研究では、インクジェット装置を用いて再現性の高い(径の変動係数：1–2%以下)液滴を時空間制御しながら生成し、大気圧非平衡プラズマ中に導入することで、プラズマ中の１つ１つの液滴のその場観察を行った。更に、雰囲気ガス温度のみならず、電子、イオン等の影響を考慮した溶媒蒸発シミュレーションを行い、実験的な液滴径と比較した。

【実験方法】アルゴンガスを流した放電容器内に平行平板型の銅電極を配置し、電極間で大気圧プラズマ(周波数：450 MHz)を生成した。インクジェット装置から純水またはエタノールの液滴(直径 20–30 μm)を吐出し、プラズマ中を通過させた。長距離顕微鏡を取り付けた CCD カメラを放電容器の前面に配置し、背面からフラッシュランプで照らす事で飛翔中の液滴を撮影した。同時に、発光分光スペクトルから雰囲気ガス温度や電子密度等の推定を行った。

【結果】図１は、プラズマ中に純水とエタノールの液滴を導入した際の液滴径の時間変化を示している。エタノール液滴は純水と比較して早く蒸発しており、また、ガス温度(T_g)の増大に応じて蒸発速度も増大した。実験とシミュレーションとの比較結果等の詳細は発表で述べる。

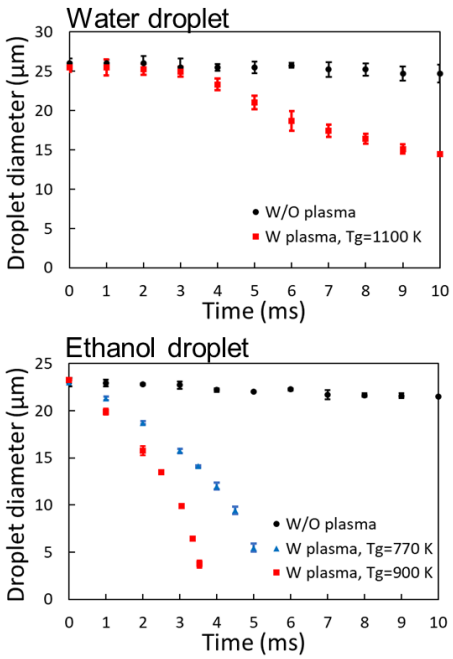

図1. 純水およびエタノールの液滴径と電極間滞在時間との関係

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費 16H05988、19H01885、21H04450 の助成を受けたものです。

[1] P. J. Bruggeman *et al.*, *Plasma Sources Sci. Technol.* **25** (2016) 053002. [2] F. Palumbo *et al.*, *Coatings* **10** (2020) 440. [3] F. Fanelli and F. Fracassi, *Plasma Chem. Plasma Process* **34** (2014) 473. [4] G. Oinuma *et al.*, *Plasma Sources Sci. Technol*. **29** (2020) 095002.