プラズマ援用インクジェットプロセスによる単分散粒子の合成

Synthesis of monodisperse particles by plasma-assisted inkjet process

東大新領域 [1]，産総研 [2]　○(DC)新田 魁洲 [1]，宗岡 均 [1]，清水 禎樹 [2]，寺嶋 和夫 [1, 2]，伊藤 剛仁 [1,2]

Univ. of Tokyo [1], AIST [2], ○(DC)Kaishu Nitta[1], Hitoshi Muneoka[1], Yoshiki Shimizu[2], Kazuo Terashima[1, 2], Tsuyohito Ito[1, 2]

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

【背景・目的】近年、液相と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、材料合成・表面処理から農業、医療に至る幅広い分野でその展開が進められている[1]。プラズマと接した液相ではプラズマ由来の高反応性の活性種等による反応が促進され、液相を微小化する事でプラズマと接する比表面積を増大させる試みがなされている。噴霧器等によって生成したミスト液滴を用いたプロセスが盛んに研究されており、液滴内の原料濃度を制御する事で粒径を制御した粒子合成プロセス等が報告されている[2]。一方、ミスト液滴は径のばらつきが大きく(変動係数 : 数十%程度)、それに起因した合成物のサイズの不均一さが課題であった。そこで本研究では、径が非常に揃った(変動係数：数%以下)液滴を吐出可能なインクジェット装置を液滴生成に用いることで、合成粒子サイズのばらつきの低減を目指した。さらに、プラズマと微小液滴の相互作用に関する知見を得るため、プラズマ中での液滴の溶媒蒸発挙動等のその場観察を実施した。

【実験方法】アルゴンガスを流した放電容器内に 2 つの銅電極(断面：1×10 mm、電極間：0.5 mm)を鉛直平行に配置し、電極間で高周波プラズマ(周波数：450 MHz、放電電力：32 W)を生成した。四塩化金酸水溶液(濃度 0.5–2.5 mM)を原料溶液として、インクジェット装置から直径約 20 μm の液滴を吐出し、プラズマ中を通過させた後、電極下部に配置したカーボンテープに捕集した。また、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、液滴径等の時間発展挙動を観察した。

【結果】図 1 の走査型電子顕微鏡(SEM)像に示すように、合成した粒子の粒径は単分散性(変動係数 : 3–9 %)を示した。合成粒子径は原料溶液濃度によって制御可能であり、各液滴が独立した反応場となり単独の粒子を生成することが示唆された。CCD カメラによる観察では、プラズマ中の液滴サイズの時間変化を捉え、空気中と比較して、プラズマ中の液滴が急速に蒸発する様子を確認した。

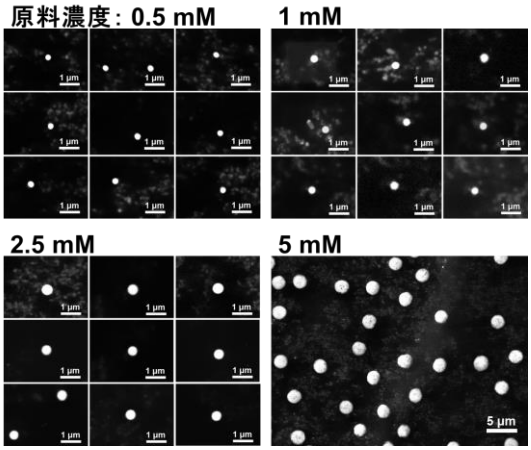

図 1 合成した粒子の SEM 像[3]

[1] P. J. Bruggeman *et al.*, *Plasma Sources Sci. Technol.* **25** (2016) 053002.　[2] M. Tsumaki *et al.*, *Mater. Lett.* **166b** (2016) 81.　[3] K. Nitta *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **54** (2021) 33LT01.