プラズマー氷界面を用いたプラズマ支援凍結テンプレート法の開発

Development of Plasma-Assisted Freeze Templating Using Plasma-Ice Interface

東大院新領域　°榊原 教貴，伊藤 剛仁，寺嶋 和夫

The Univ. of Tokyo, °Noritaka Sakakibara, Tsuyohito Ito, and Kazuo Terashima

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

気液界面などの異相界面は、機能性自立薄膜の作製等の材料プロセスに広く用いられており、近年ではプラズマー液相界面を利用したプラズマプロセスの新展開が精力的に進められている。我々は特に、異相界面におけるプラズマプロセスのさらなる新展開としてプラズマー氷界面を提案し[1]、プラズマー氷界面の特徴を積極的に利用したプラズマ支援凍結テンプレート法（Plasma-assisted Freeze Templating; PFT）の開発に着手している。PFT 法では、溶液の一方向凍結により氷相上に形成されるマイクロ・ナノメートル厚みの濃縮液体層に、ガス温度が氷点下に制御されたプラズマであるクライオプラズマを照射し反応活性種を供給することで、化学反応を進行させる。液体層は凍結溶液の温度・濃度を変えることでその厚さを熱力学的に制御可能であるため、サイズ制御可能なプラズマ誘起液相反応場として期待される。本発表では、PFT 法による材料プロセスの第一報として、プラズマー氷界面の液体層厚さを制御しテンプレートとして用いた、ポーラス構造を持つ金ナノ粒子自立薄膜の作製について報告する。

ペルチェ素子上で金イオン溶液を一方向凍結させ、その表面にガス温度が−5°C 前後に制御されたクライオプラズマジェットを照射することで反応活性種を供給した。その結果、金イオンの還元とそれに続くナノ粒子の凝集・接合により、照射部においてポーラス構造を持つ金ナノ粒子自立薄膜が形成された。作製された薄膜は図 1 に示すように、その膜厚が凍結溶液の温度に対して低温ほど薄くなる依存性を示した。一方で、熱力学的に決定される液体層の厚さのモデル計算を金イオンの物質量保存を仮定して行ったところ、金ナノ粒子自立薄膜の厚さと同様の傾向を示した。したがって、PFT 法は凍結溶液表面の液体層を熱力学的にサイズ制御可能なプラズマ誘起反応場として用いた、新規なプラズマプロセスであることが示された。

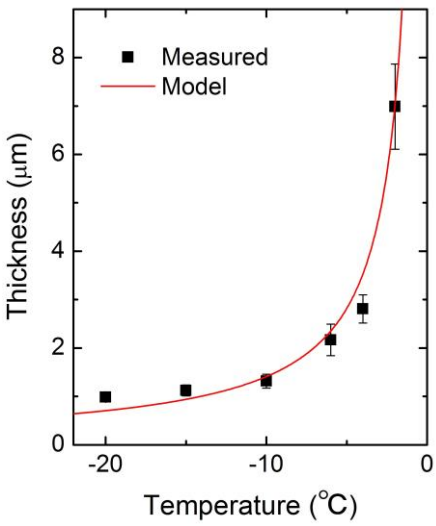

図 1　金ナノ粒子自立薄膜厚さの実測値（黒点）と液体層厚さのモデル計算値（赤線）の温度依存性[2]

さらに、PFT 法により作製された金ナノ粒子自立薄膜は従来手法におけるナノ構造を持つ金薄膜[3]と同様に良好な触媒性能を示した。PFT 法は従来手法に比べて界面活性剤フリーかつ簡便なプロセスであり、マイクロ・ナノ工学における新規材料設計手法として今後の幅広い展開が期待される。

References [1] N. Sakakibara and K. Terashima, J. Phys. D: Appl. Phys. **50** (2017) 22LT01. [2] N. Sakakibara *et al.*, submitted. [3] Xia *et al.*, Dalton Trans. **44** (2015) 11929.