

水シールド環境下でのマイクロ波励起水蒸気プラズマの生成と応用

Production and Application of Microwave-Excited Water Vapor Plasma in Water-Shielded Environment

名大工¹, 名大低温プラズマ², 核融合研³ ○鈴木 陽香^{1,2}, 豊田 浩孝^{1,2,3}

Nagoya Univ.¹, cLPS, Nagoya Univ.², NIFS³, °Haruka Suzuki^{1,2}, Hirotaka Toyoda^{1,2,3}

E-mail: hsuzuki@nuee.nagoya-u.ac.jp

プラズマと液体の相互作用により発生する化学活性種を環境、医療、農業分野に応用する研究や、液体原料へのプラズマ照射により機能性材料を合成する研究に注目が集まっており、これまでに様々な液中・液体接触プラズマ生成技術が提案されてきた。このようなプラズマ生成法は、気中（主に大気圧下）で発生させたプラズマを液体に接触させるものと、液中プラズマの二つに大別される。気中では放電ガスに大気が混入するため、反応の制御が困難になる他、液体を電極として用いた場合には放電が液体の導電性に影響されるという問題がある。さらには、反応領域がプラズマ液体の界面に限られ、そもそも大気圧プラズマ自体の大型化も容易ではないことから、反応種を効率よく液中に輸送することができず、大量処理にはあまり適していない。一方、液中での放電は、液体の絶縁破壊電圧の高さや、液体の導電性により、一般的には容易でない。そのため、外部からガスを導入や、液体加熱、電気分解により電極周辺に気泡を発生させることが多いが、気泡の不安定な形状により定常的なプラズマ維持は容易ではない。また、液中電極の損傷や、これによるコンタミネーションが問題になることもある。

これらの課題を解決するためには、プラズマ周囲の雰囲気制御し、プラズマと液体領域を分離しつつ、互いに反応させることが重要である。そこで我々は、二種類の水シールド環境下でのマイクロ波励起プラズマ装置の開発を行った。マイクロ波は大気圧下においても比較的安定して高密度プラズマを発生させることができ、水を加熱させやすく、無電極放電であることから液体の導電性の影響を受けにくいため、安定した水プラズマ生成が可能である。

気中でのプラズマ生成の場合、高密度の水由来活性種を生成するために、放電ガスに水蒸気を使用するとともに、プラズマ生成領域の周囲を水流で覆うことにより、プラズマ中への大気巻き込みの抑制を試みた (Fig.1 (a))。この応用例として、Si 基板上のフォトリソ除去処理を実施したところ、除去速度は最大 2 $\mu\text{m}/\text{min}$ であった。[1]

液中でのプラズマ生成の場合、液体流路内の狭隘部周辺にプラズマ源を設け、ベンチュリー効果による圧力低下を援用することにより、減圧環境下で安定した放電を維持しながら、連続的な液体処理が可能となる (Fig.1 (b))。応用例として、液中有機物の分解[2]や、液体に金属イオンを含む水溶液を用いることにより、金属ナノ粒子を高速に合成することに成功した。[3]

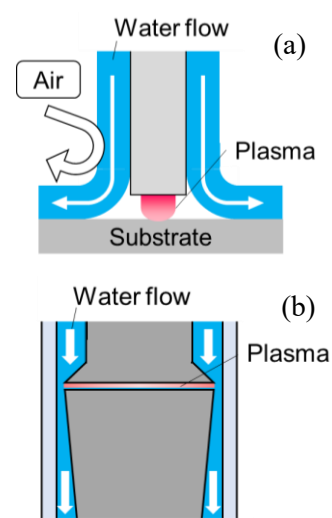


Fig.1. Microwave-excited water vapor plasma in water-shielded environment (a) in the atmosphere, (b) in liquid.

謝辞：本研究成果は科学技術振興機構事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 産学共同フェーズおよび JSPS 科研費 JP16H06859 の助成を受けたものです。

[1] H. Senba, H. Suzuki and H. Toyoda, Jpn. J. Appl. Phys **58** (2018) SAAC05.

[2] M. Ito, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **56** (2017) 026201.

[3] 山口和也 他: 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会、22a-P08-2