

スピントラップ法を用いたプラズマ/液相界面ラジカルの実時間検出 Real-time Detection of Radicals at Plasma/Liquid Interfaces by Spin Trapping Method

名大低温プラズマ科学研究センター¹, °井上 健一¹, 近藤 隆¹, 石川 健治¹, 堀 勝¹

Nagoya Univ. cLPS¹, °Kenichi Inoue¹, Takashi Kondo¹, Kenji Ishikawa¹, Masaru Hori¹

E-mail: inoue@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

緒言 材料合成ならびに医療・環境応用において気液界面プラズマの注目度は年々増しており、その反応経路の理解も重要性が増している^[1]。特にプラズマ/液相界面で生じたフリーラジカル等の短寿命活性種がどのように液相中の物質と作用するかの知見が求められる。スピントラップ剤を用いた電子スピン共鳴分析(ESR)は液相中のH原子やOHラジカル等を検出するのに有用な手法である^[2]。しかしこれらの液相中ラジカルを正確に定量するには、プラズマ処理環境下でのスピントラップ剤の反応速度を把握する必要がある^[3]。そこでこの研究では液中プラズマリアクターと石英フラットセルを直結した *in situ* ESR を開発し、プラズマ処理環境下でのスピントラップ量を実時間で計測することで、液相反応を主導するフリーラジカルの正確な定量を試みた。

実験 スピントラップ剤にはH原子、OHラジカルと反応して付加体(アダクト)を生成するDMPOを用い、Fig.1のようにDMPO水溶液を循環させた流路上で液中プラズマの生成とESRによるアダクトの検出を行った。溶液中に絶縁管を通じて吹き込んだArガスの気泡内にタンゲステン線電極(電極間距離1mm)を配置し、電極に電源(NU-Rei, PLS-C1930-KKR)からパルス変調交流電圧を印加することで液中プラズマを生成した。同じく流路上に石英フラットセルとESR装置(Bruker, EMX-Plus)を配置し、それによりプラズマ下流でのDMPOアダクトの高感度かつ実時間での検出を可能とした。

結果と考察 実際に液中プラズマ処理時に得られた時間分解ESRスペクトルをFig.2に示す。プラズマ生成中はDMPO-OHとDMPO-Hのアダクトが検出され、標準試料との比較から生成直後のそれぞれの濃度は4.1 μM、2.1 μMと定量された。さらに、それらのアダクトのプラズマ生成中の増加量とプラズマ消滅後の失活量を調査した。これらの結果を基にプラズマ処理環境下でのDMPOおよびアダクトの反応速度を解析することで、プラズマ/液相界面で反応するフリーラジカルの正確な定量が期待される。

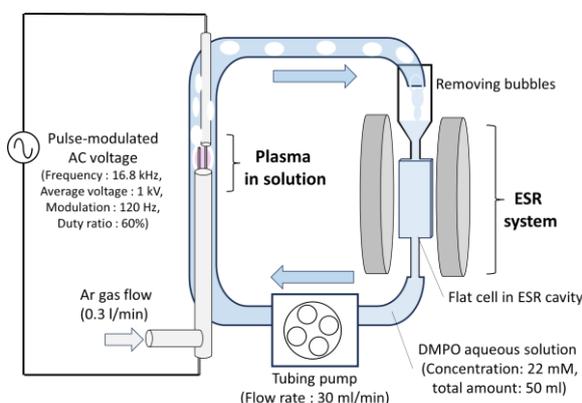


Fig.1 Schematic of experimental setup containing ESR system and plasma reactor in solution.

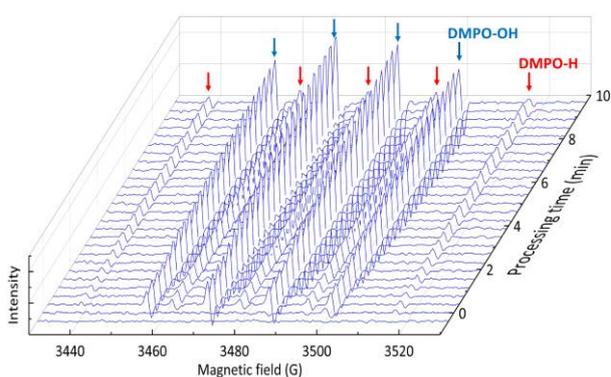


Fig.2 Real-time ESR spectra of DMPO-adducts during plasma processing in solution.

参考文献 [1] P.J. Bruggeman *et al.*, *Plasma Sources Sci. Technol.* **25**, 053002 (2016). [2] Z. Wei *et al.*, *Environ. Sci. Technol.* **51**, 3410–34172 (2017). [3] Y. Sakurai *et al.*, *Chem. Lett.* **50**, 1628–1631 (2021).