

フェムト秒レーザー誘起液中プラズマ反応場における 水和電子生成、消滅挙動の時空間分解計測

Time- and space-resolved observation of solvated electrons dynamics
in femtosecond laser-induced plasma reaction field in liquid

東大院新領域¹, 産総研オペランド OIL², 学振特別研究員 DC³ ◯榊原 教貴^{1,2,3}, 伊藤 剛仁¹,
寺嶋 和夫^{1,2}, 伯田 幸也², 三浦 永祐²

The Univ. of Tokyo¹, AIST-UTokyo OPELANDO-OIL², JSPS Research Fellow³, ◯Noritaka
Sakakibara^{1,2,3}, Tsuyohito Ito¹, Kazuo Terashima^{1,2}, Yukiya Hakuta², Eisuke Miura²

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

【背景・目的】近年、液相を介したプラズマプロセスが大きな注目を集めており、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。プラズマと接した液相ではプラズマにより水和電子や H ラジカル、OH ラジカル等をはじめとする多種の活性種が生成され特異的な液相反応が進行する。そのため、液相を介したプラズマプロセスの制御にはプラズマ誘起液相反応における活性種挙動の理解が不可欠である[1]。しかしながら、反応場の複雑さゆえに活性種、特に短寿命な活性種の挙動計測は困難を極め、特に、プラズマ誘起液相反応場に大きく関与すると考えられる水和電子に関しての報告例は数少ない[2]。本研究では、プラズマ反応場での水和電子の生成、消滅挙動の解明を目的に、フェムト秒レーザー誘起液中プラズマ反応場における時空間分解計測を行った。

【実験方法】チャープパルス増幅により出力されたフェムト秒レーザーパルスを用いたポンプ光、及び時間分解計測用のプローブ光として用いた。超短パルス光を用いることで、高密度なプラズマ生成および高い時間分解能が可能となる。Fig. 1(A) に示すようにポンプ光 (800 nm, 50 fs, 5 mJ) を集光することで液中プラズマを生成し、水和電子の吸収ピーク波長に近い 800 nm のプローブ光 (50fs, < 0.1 mJ) をポンプ光と垂直な方向から入射させることで、シャドウグラフ像および透過率の経時変化を取得した。

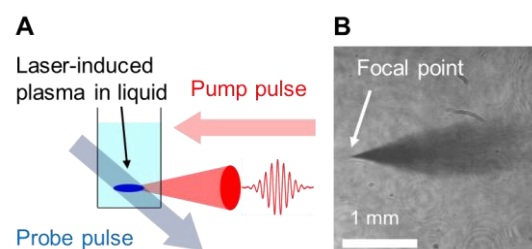


Fig. 1 (A) Setup for the time-resolved observation
(B) Shadowgraph image of laser-induced plasma

【結果】 Fig. 1(B) のシャドウグラフ像に示すような液中に生成されたプラズマに対し、プローブ光の遅延時間を変化させることで 1 ps 程度の高い時間分解能での時空間分解計測を実現した。水和電子密度の経時変化から、純水中において 2 ns 以上の半減期が確認された一方で、電子捕捉剤である NO_3^- ($e_{aq}^- + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_3^{2-}$; $k = 9.7 \times 10^9 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ [3]) の添加により 0.4 M の KNO_3 溶液中では 60 ps 程度へと著しく低下した。また、本実験条件では電離進行するプラズマに加え、多光子励起による水和電子のみから成る領域が観測された。本発表では観測された水和電子の生成、消滅挙動について詳細に報告する。

References [1] P. J. Bruggeman *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. **25** (2016) 053002. [2] P. Rumbach *et al.*, Nat. Commun. **6** (2015) 7248. [3] K. Q. Park *et al.*, ACS Nano **7** (2012) 10013.