

## 液体へのプラズマ照射による誘起流と活性酸素種の液中輸送 ROS transportation by flows induced in plasma-irradiated liquid

川崎 敏之

Toshiyuki Kawasaki

日本文理大学 工学部

Nippon Bunri Univ.

### 1. はじめに

低温プラズマのバイオ・医療応用においては、ターゲットが液層に覆われていることが多いため、プラズマ照射により液体中に活性酸素 (ROS) を送り届ける必要がある。しかし、液中ROS輸送に関しては不明な点が多い。本研究ではROS二次元濃度分布の可視化が可能なゲル状試薬を用いて液中ROS輸送のメカニズム解明を行い、プラズマ特有の現象を活かした技術に発展させることを目的に研究を進めている。今回、液中ROS輸送についてこれまで得られた結果<sup>1-4)</sup>を紹介しながら議論を進展させたい。

### 2. 実験装置と方法

低温プラズマジェット発生器は外径8mm, 内径2.5mmのガラス管に高電圧電極と接地電極の2枚を巻いたものである。ガラス管にO<sub>2</sub>/Heガスを供給し、印加電圧20kV<sub>p-p</sub>でプラズマジェットを発生させた。シャーレ内に作製したゲル状試薬の上に蒸留水 (厚1mm) を満たした。ゲル状試薬はヨウ化カリウム、デンプン、アガロースの水溶液で、OH<sup>-</sup>, O<sup>-</sup>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HO<sub>2</sub>と呈色反応を起こす。プラズマジェットは蒸留水に照射され、ゲル状試薬まで輸送された複数のROSが検出される。ROSの輸送経路を考えるために、プラズマを照射した液体中に発生する流れ (誘起流) をPIV計測により観察した。本稿では詳細な条件の記載は省略し、条件A, Bとして説明する。

### 3. 実験結果

条件Aでプラズマを液体に照射した場合の誘起流をPIV計測した結果をFig. 1に示す。プラズマON直後、Fig. 1(a)に示す深さ方向への直進流 (誘起流1) が発生する。その後、徐々に表面付近の渦流 (誘起流2) へと移行し (Fig. 1(b)), 最終的には誘起流2が支配的となる (Fig. 1(c))。一方、条件Bでは誘起流1→2への移行は発生しない。すなわち、誘起流1が終始支配的となる。このように、プラズマの照射条件によって誘起流1または2のどちらかが支配的となる。

これらの誘起流によってROSが輸送されているのか確かめる実験を行った。Fig. 2 (a), (b)はそれぞれ条件A (誘起流2が支配的), 条件B (誘起流1が支配的) のROS輸送の様子をイメージしたものである。このようにROSが輸送されているのであれば、ゲル状試薬上にも異なるROS分布が観察されるはずである。発表ではこれらの結果を示すとともに、誘起流とROS輸送との関係を中心に議論を進展させたい。

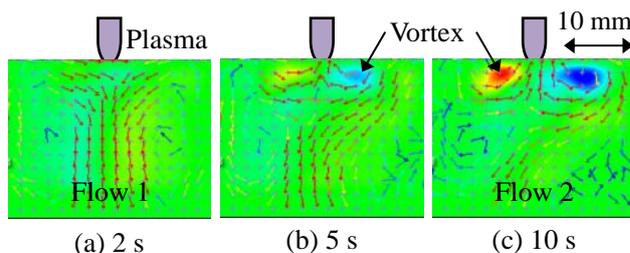


Fig. 1 Flow transition going with elapsed time after plasma-on under the condition A.

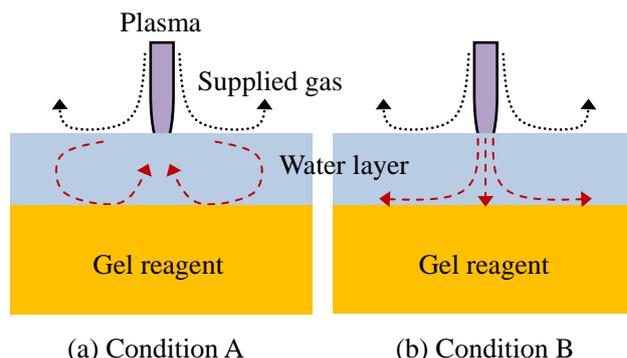


Fig. 2 Images of dominant liquid flows induced by the O<sub>2</sub>/He plasma jet irradiation under the condition A (a) and the condition B (b).

### 4. まとめ

今回、誘起流とROSの輸送の関係について実験的検討を行ったが、まだ不明な点が多い。これらの解明に取り組み、液中へのROS輸送の範囲・量の制御法を定量的に提案したい。

### 謝辞

本研究の一部はJSPS科研費 (25820113) の助成を受けて行った。日頃より研究や議論でお世話になる九州大学の白谷正治教授、古閑一憲准教授、および大阪大学の内田儀一郎准教授に感謝の意を表す。実験において多大な協力を得た日本文理大学の学生らに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) T. Kawasaki et al.: Jpn. J. Appl. Phys., 54 (2015) 086201.
- 2) T. Kawasaki et al.: J. Appl. Phys., 119 (2016) 173301.
- 3) T. Kawasaki et al.: Appl. Phys. Express 9 (2016) 076202.
- 4) T. Kawasaki et al.: submitted to IEEE Trans. Plasma Sci.