大気圧プラズマの空間アフターグローにより誘起される水の表面張力変化と OH 密度分布との関連性

Relationship between OH density distribution and change in surface tension induced by spatial afterglow of an atmospheric-pressure plasma

北大工　○(M2)金子 拓真，白井 直機，佐々木 浩一

Hokkaidou Univ., °Takuma Kaneko, Naoki Shirai, Koichi Sasaki

E-mail: takuma-k@athena.qe.eng.hokudai.ac.jp

【背景目的】

プラズマと液体の界面は高い化学反応性を有すると言われており、プラズマと相互作用する液体表面の特性を調べるための様々な実験が試みられている。しかし、界面での反応に寄与する反応活性種やラジカルといった物質は短寿命であり，それらの計測は十分に進んでいない。これまでの研究から、1)プラズマとの相互作用により水の表面張力が増加すること、および、2)プラズマを遮断すると 500μs 程度の時定数で表面張力が減少することがわかっており[1]、この変化は大気圧プラズマの空間アフターグロー部から輸送される反応活性種やラジカルが水表面に存在する分子間のファンデルワールス力や水素結合に影響を与えたために生じた可能性がある。本研究では、気相部で生成される OH ラジカルと表面張力変化の関連性に着目し、液体表面における OH ラジカルの密度分布を調べた。

【実験方法】

Fig.1 に実験装置の概要を示す。He-Ne レーザー光を水面に斜入射し、水面に励起したキャピラリー波によって生じる回折光の干渉パターンを形成した。干渉パターンの間隔とキャピラリー波の分散関係から表面張力を算出した。この測定では、ジェット状のガス流やプラズマ照射の影響で水面に生じる振動が障害となる。本実験では、その影響を最小化するため、空気中で V 字型に交差する微細希ガス流を用いて直流駆動のグロー放電を生成し、その空間アフターグローガスを水面と相互作用させた。プラズマは 20mA の放電電流で生成し、レーザー誘起蛍光法により気相部の OH を観測し、液面への輸送を調べた [2]。

【結果・考察】

Fig.2 は回転温度や衝突クエンチングの影響を考慮していない OH ラジカルのレーザー誘起蛍光画像である。(a)は水面を設置していない条件、(b)はプラズマの鉛直下方向 2mm の位置に水面を設置した条件である。信号の強い赤い領域はプラズマ領域であり、プラズマの発光がないガス下流部領域にも OH の信号が観測された。プラズマの発光がないガス下流部領域における OH ラジカルの広がりから、プラズマから 2mm 離れた水面近傍において OH ラジカルの存在が確認できた。これまでの結果でプラズマと水表面間の距離が 2mm 以内でなければ表面張力は変化しないことを確認しており[1]、OH ラジカルは表面張力の変化に影響を与えている可能性がある。

OH ラジカルや H_2O_2 は液相側気液界面において自由エネルギーの極小を持つという研究結果があることから[3]、プラズマによって励起された OH ラジカルが気液界面を通過し、液相側界面近傍に局所的に滞在している可能性がある。

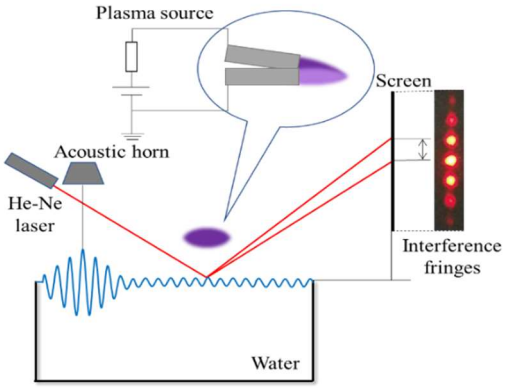

figure 1 Experimental apparatus

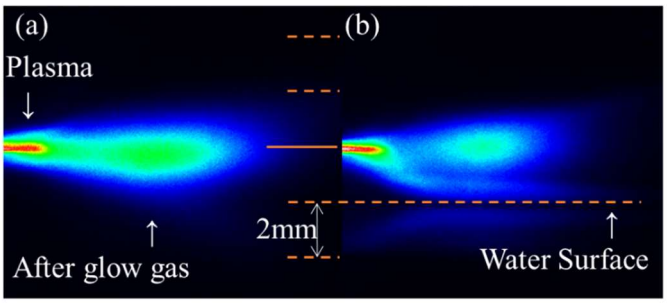

Figure 2 LIF image of OH radicals with (a) no water surface, and (b) water surface 2mm below plasma.

【参考文献】

[1] 金子他、応物物理学会秋季学術講演会、2019
[2] H. Ishigame et al, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 01AF02 (2015)
[3] R. Vacha et al., J. Phys. Chem. A 108, 11573 (2004)