

29A 水面上放電で生成する OH ラジカルの挙動

熱および物質移動学研究室 上田龍也

1. 緒言

大気圧放電プラズマによって生成される OH ラジカル(以下, OH)は、水分子から水素原子が離脱したもので、不対電子を持ったラジカルである。OH は、活性酸素種の中でも高い酸化力を持ち、難分解性有機化合物の処理ができる。しかし、反応性の高さ故に、大気中での寿命が短く、反応機構の十分な理解には至っていない。本研究では、基底状態の OH 密度をレーザー誘起蛍光法(以下, LIF 法)で測定し、励起状態の OH 密度を発光分光分析法で測定した。

2. 実験方法

2-1 LIF 法

ステンレスねじを高電圧電極として水面上に設置し、低電圧電極をシャーレーに入れた水道水と接触させ、液面上放電を起こした。電源は 2 種類の電源(液中プラズマ発生用電源(MPP04-A4-200-A, 栗田製作所, 以下, 電源 A)と汎用パルス電源(MPC3010S-25LP, 末松電子製作所, 以下, 電源 B))を用いた。

電源 A は 1.6 kHz~400 kHz の高い周波数を出すことができ、最大電力は約 1kW である。一方、電源 B は 10 kHz~500 Hz と低い周波数だが最大電力は約 10kW であり、高出力である。

LIF 法では、YAG レーザー、Dye レーザー、波長変化ユニットで構成される LIF 装置によって、282 nm 付近の紫外波長可変レーザー光を生成し、基底状態の OH を励起させた。極短い時間で振動状態が $v'=0$ に緩和した後に発する 308 nm の蛍光を、レーザーの光軸に対して 90 度の方向から ICCD カメラにより撮影した。

2-2 発光分光分析法

LIF 法と同様に 2 種類の電源を用いて液面上放電を起こした。液面放電で OH を励起状態にし、発生した自然放射光をレンズで分光器に導いた。分光器では発光部から放射された光をスペクトルに分け、OH のスペクトルのみを検出器に導いた。検出器では、光電子増倍管を用いて、光電効果により、光を電気信号に変換して増幅することで検出した。

3. 実験結果と考察

3-1 基底状態の OH

各電源による OH-LIF 信号強度の時間変化をそれぞれ Figs.1,2 に示す。電源 A は放電周波数を 10kHz、電源 B は 0.5kHz とした。電源 A の OH-LIF 信号強度のピーク時間は 10 μ s 程度であり、電源 B の OH のピーク時間は 1 μ s 程度であった。また、フィッティングによって得た、ピーク時間からピーク強度が $1/e$ になるまでの値を寿命として計算すると、電源 A により生成した OH の寿命は 86 μ s、電源 B により生成したの OH 寿命は 15 μ s であった。高周波数では放電により生成する準安定窒素などの長寿命種が次の放電にも影響を及ぼすことでピーク時間や寿命が延びたと考えられる。

3-2 励起状態の OH

各電源で測定した水面上放電における OH の発光波形及び電流波形を Figs.3,4 に示す。OH の自然放射発光は電源 A、電源 B どちらも電流の増加とともに増加し、1 μ s 以内に減少することが確認できる。電源 A は、基底状態の OH のピーク時間が約 10 μ s であることから放電終了後も基底状態 OH が生成されている。放電終了後に電子による生成は考えにくいため、準安定窒素による影響が大きいと考えられる。一方で、電源 B は放電終了直後に生成が終わるので、電子による生成が大きいと考えられる。

4. 結言

- 励起状態の OH の寿命は 1 μ s 以下で、基底状態の OH では 10 μ s 以上となり、基底状態の OH の方が寿命が長い。
- OH の生成においてある条件下では基底状態の OH は放電終了後も生成を続ける。その生成は準安定窒素による影響が大きいと考えられる。

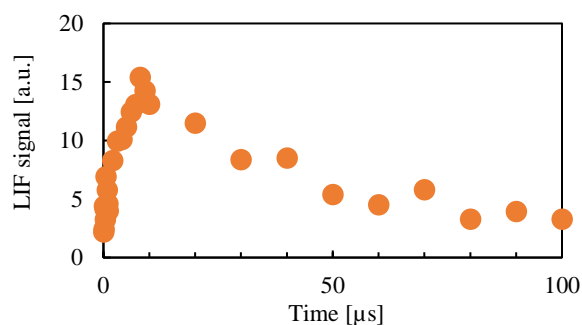


Fig. 1 Time evolution of OH-LIF signal intensity of power supply A

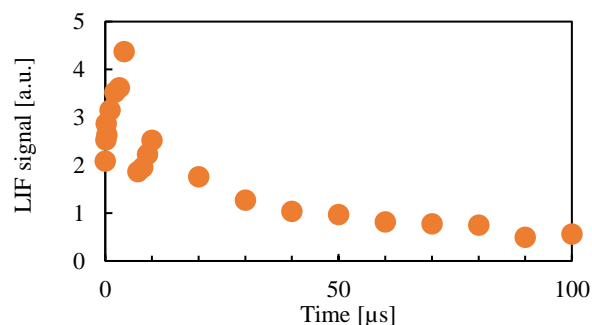


Fig. 2 Time evolution of OH-LIF signal intensity of power supply B

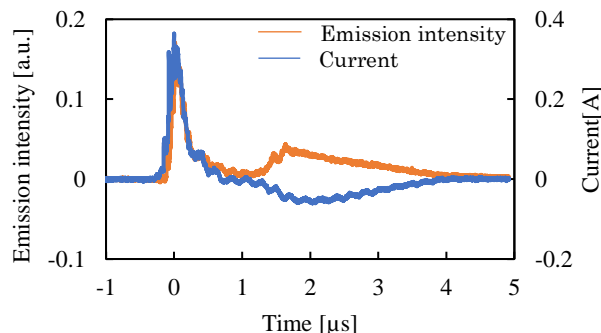


Fig. 3 Time evolution of OH-emission intensity of power supply A

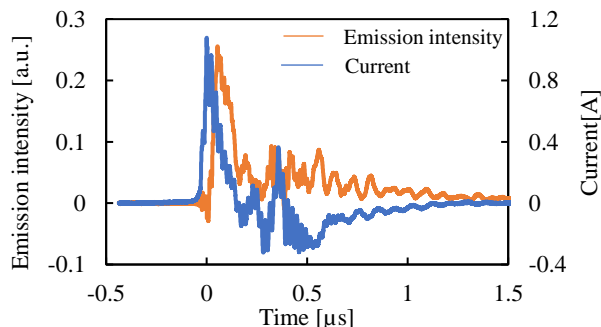


Fig. 4 Time evolution of OH-emission intensity of power supply B