

## ルミノール化学発光を利用した液相における プラズマ誘起短寿命ラジカルの可視化

Visualization of short-lived radicals in liquid in contact with plasma by chemiluminescence of luminol

北大工 ○白井 直機、松田 浩、佐々木 浩一

Hokkaido Univ. N. Shirai, Y. Matsuda, K. Sasaki

E-mail: nshirai@qe.eng.hokudai.ac.jp

### はじめに

様々な応用が期待される気液界面プラズマにおいて界面に誘起される液相部の活性種の計測は困難であった。本講演では、ルミノールを用いた化学発光に着目し、プラズマによって誘起される短寿命活性種の可視化を試みた結果を報告する。ルミノールは一般に化学発光を利用して  $O_2$  の検出に用いられており[1,2]、またソノケミストリー分野では OH ラジカルの可視化に適用可能とされている。本稿では著者らがこれまでに研究してきた液体を電極とした大気圧グロー放電にルミノール溶液を用いてその特性を評価した[3]。

### 実験装置

金属ノズル電極と液体電極間に放電を形成する基本的な液体電極放電の構造は従来の装置と同様であり、電極間に直流電圧を印加することで大気圧グロー放電を形成する[4]。実験は全て大気圧空気中で行い内径  $500 \mu\text{m}$  のノズル電極からヘリウムを流量  $200 \text{ sccm}$  で液面に向かって噴出させる。必要に応じて酸素シールドガスで放電空間を制御した。電極間距離は  $1 \text{ mm}$  とし、液体は白金を介して直流電源と接続されている。液体電極としてアルカリ性(pH:13)のルミノール溶液を用いた。ルミノール化学発光は溶液下部から拡大レンズを介して計測した。

### 実験結果

図 1 (a) にルミノール溶液を用いて液体電極放電を形成した際の写真を示す。放電下部の液相側にルミノールの青い化学発光が見られその拡大写真が図 1 (b) である。放電の太さと同様の大きさ  $1.5 \text{ mm}$  の化学発光が界面の液相側の厚さ約  $100 \mu\text{m}$  以下の薄い領域に見られる。液体を陽極として放電プラズマを生成すると図 1 (c) のように水面の発光が自己組織化模様を形成するが[5]、このときの化学発光は、同様の模様を形成した。つまりルミノールの化学発光はプラズマが発光する領域に現れていることがわかる。ルミノールの発光強度は電流値を一定としたとき酸素シールドガスを用いた場合の方が空気中の場合より高くなり、また極性を液体陰極放電とした場合の方が液体陽極放電の場合より高くなった。

OH ラジカルの定量的ためにテレフタル酸(TA)溶液をプラズマ処理し、生成されるヒドロキシテレフタル酸の蛍光強度を計測したところ、図 2 に示すようにルミノールの発光強度が増加するときと同条件で増加する傾向が見られた。現時点ではプラズマにより誘起されるルミノール化学発光が  $O_2$  のみを示すのか、或いは OH も含んでいるのか明らかにはなっていないが、本手法によりプラズマによって気液界面の液相側の極

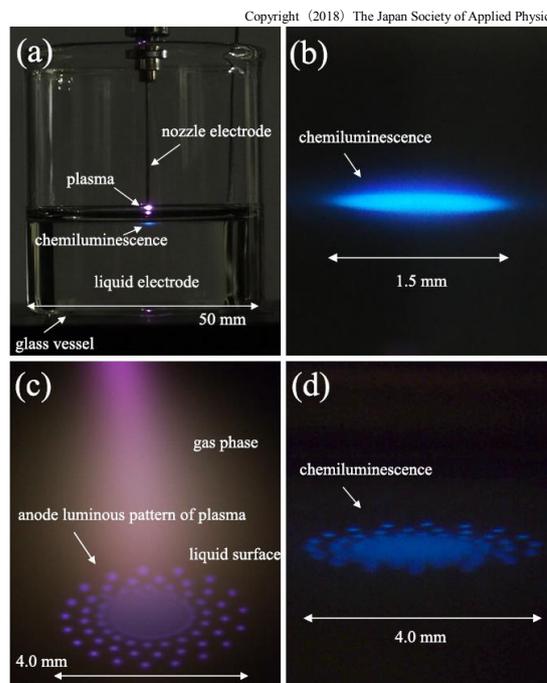


図 1. プラズマ誘起短寿命ラジカルによるルミノールの化学発光(a) とその拡大写真(b)、プラズマの自己組織化(c)と対応する化学発光(d) [3]

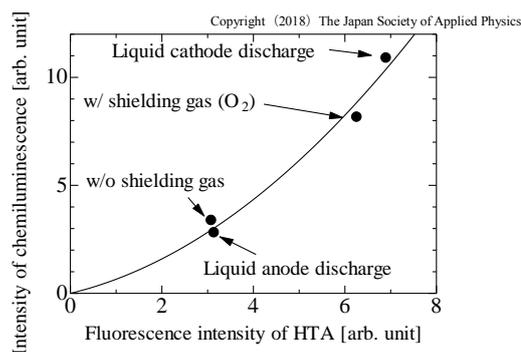


図 2. ルミノール化学発光とプラズマにより生成された OH 量 [3] (放電電流は全て  $10 \text{ mA}$  一定としている)

薄い領域に誘起される短寿命ラジカルの可視化が可能であることが示された。

### 文献

- [1] K. Faulkner et al., Free Radic. Biol. Med. 15 447 (1993)
- [2] C. Lu et al., Trends Anal. Chem. 25 985 (2006)
- [3] N. Shirai et al., Appl. Phys. Express 11 to be published. (2018)
- [4] N. Shirai et al., Plasma Sources Sci. Technol. 20 034013 (2011)
- [5] N. Shirai et al., Plasma Sources Sci. Technol. 23 054010 (2014)