

液体電極を用いた直流駆動大気圧グロー放電の発光と界面挙動の相関

Relationship between interfacial behavior and emission from atmospheric-pressure DC glow discharge using liquid electrode

北大工¹ 首都大² ○白井 直機^{1,2}、鈴木 崇久¹、菅 剛珠¹、西山 修輔¹、佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹ Tokyo Metropolitan Univ.² N. Shirai^{1,2}, T. Suzuki¹, G. Suga¹, S. Nishiyama¹, K. Sasaki¹

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

はじめに

液体の介在した大気圧プラズマは、水処理技術や材料合成、医療、農業まで様々な分野での利用が期待されており、著者はこれまで液体を電極とした大気圧直流グロー放電についての諸特性を調査してきた[1-4]。特に NaCl 水溶液を陰極に用いた直流大気圧グロー放電において、液中の金属イオンがプラズマ発光として見られることが分析化学の分野で知られているが[5,6]、溶液中の正イオンが気液界面の電位障壁を越えてプラズマに輸送される過程は、種々の研究から界面でのスパッタリング[5]、熱による解離[6]、静電霧化現象等[7]が原因として考えられているが、詳細は分かっておらずこれまでミステリーとされてきた。

本講演では、著者らのこれまでの研究結果から界面での微小液滴の発生と発光の関連性があると予想し、それらを検証した結果を報告する。

実験装置

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、金属ノズル電極と液体電極の間に直流電圧を印加することで放電を形成する[1]。実験は全て大気圧空気中で行った。内径 500 μm のノズル電極からヘリウムを流量は 200 sccm で液面に向かって噴出させる。電極間距離は 1mm とした。放電電極には制限抵抗 100k Ω を介して直流電源を接続し、放電電流は 1mA から 100mA までの間で変化させた。液体と接する側の電極には白金を使用している。液体陰極には塩化ナトリウム (NaCl) 溶液と必要に応じて硫酸銅等の他の電解質溶液を用いた。

実験結果

図 1 に HeNe レーザーを液面付近に照射させた際の挙動を干渉フィルタを用いて撮影したシャドウグラフ写真を示す。このとき電極間距離は 1mm で放電電流は 60mA で、液体陰極は NaCl 溶液 5% である。図に示すように気液界面で生じた液滴はその周辺にまで広く飛散している様子が見て取れる。この液滴の量は NaCl 濃度が高くなるほど増加し、比較として硫酸銅 CuSO₄ を用いた際には多少の液滴発生はみられるものの、その量は少ない。図 2 に CuSO₄ 溶液のみを液体陰極に用いた場合の発光スペクトルと、CuSO₄ に NaCl を添加すると Cu の濃度は同じにも関わらず Cu の発光が明確に現れるようになる。これらのことから NaCl の濃度によって発生する液滴量が増加し、その液滴は液体陰極中に含まれている Cu イオン等の成分を気相部に輸

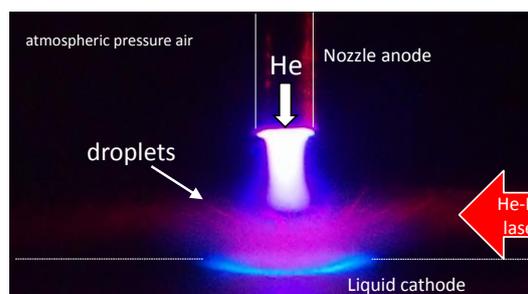


図 1. レーザー散乱計測による界面からの液滴計測

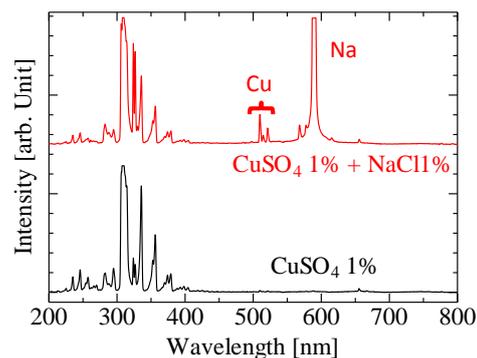


図 2. CuSO₄ 溶液に NaCl を添加した際の発光スペクトル (電流値は 60mA)

送していると考えられる。現時点では推定の段階を脱していないが、これらの現象はアルカリ金属と水の反応による爆発反応と類似した現象が界面近傍で生じ、その爆発によって生成された液滴が気相部に輸送され発光が生じたもの予想できる。

文献

- [1] N. Shirai et al., Plasma Source Sci. Technol., **20** (2011) 034013.
- [2] N. Shirai et al., Jpn J. Appl. Phys. **53** (2014) 046202.
- [3] N. Shirai et al., Plasma Source Sci. Technol., **23** (2014) 054010.
- [4] K. Urabe et al., Plasma Sources Sci. Technol., **25** (2016) 045004.
- [4] T. Cserfalvi et al., J. Anal. Chem. **79** (1996) 813
- [5] M. R. Webb et al., Anal. Chem. **355** (2007) 2184
- [6] P. Bruggeman et al., J. Phys. D **41** (2008) 21