

液体電極を有する大気圧直流グロー放電の二次元シミュレーション

Two-Dimensional Simulation of Atmospheric-Pressure Glow Discharge with Liquid Electrode

首都大院理工¹, ○柘久保 文嘉¹, 内田 諭¹

Tokyo Metropolitan Univ.¹, ○Fumiyoshi Tochikubo¹, Satoshi Uchida¹

E-mail: tochi@tmu.ac.jp

1. はじめに

液体と接する大気圧非平衡プラズマは医療や農業などのバイオ応用分野, 水処理などの環境分野, ナノ粒子合成などの材料分野を対象として広く研究が行われている。液体電極を有する大気圧グロー放電 (以下, 液体電極放電と記載) は液体と接する大気圧非平衡プラズマの一形態であり, 大気圧グロー放電から液面へ入射する荷電粒子, あるいは気相に生成されたラジカルと液体界面の相互作用により液中反応が誘起される。即ち, 液体の種類や導電率, 気体のガス種等によって放電形態や反応過程が異なるため, その詳細な過程の解明が必要である。我々は大気中のヘリウムガス流に沿って生成された液体電極放電の性質を実験的に調べた⁽¹⁾。本研究は, 流体モデルをベースとした数値解析により, 液体電極放電の放電構造, 特に, 液体の導電率の影響に焦点を当てたものである。

2. 手法

Fig. 1 は計算対象とした大気圧グロー放電である。液面から 1 mm の位置に金属製ノズル電極 (内径 500 μm , 外径 800 μm) を配し, 流速 10 m/s でヘリウムを大気圧窒素中に流す。液体は深さ 1 mm の水溶液とし, 液面に接地電極を置く。ノズル電極と接地電極の間に正極性, または負極性の直流電圧を印加することにより, 液体電極を有する大気圧グロー放電を形成する。解析では, ①ガス流体解析を行うことにより局所的なヘリウムと窒素のモル比率を計算し, ②この結果を利用して, 気中と液中を合わせた放電構造の解析を行う。②においては, 流体モデルをベースとした, 気中の荷電粒子やラジカル種に対する解析, 液中での導電率をパラメータとした電流連続式による解析, 及び, ポア

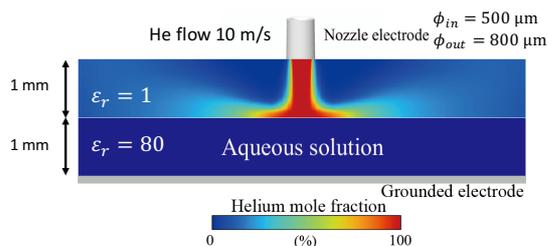


Fig. 1 Geometry of atmospheric-pressure glow discharge with liquid electrode along helium flow in nitrogen, and the calculated helium mole fraction.

ソンの式による電界解析を同時に行うことにより, 全領域の電位分布を含む放電構造の解析を行った。

3. 結果

Fig. 2 はノズル電極に 500 V を印加し, また, 液体の導電率を 10 mS/cm とした時の計算結果である。気相中の電位や平均電子エネルギーの分布から, 液面近傍に陰極降下領域が形成され, これによりグロー放電が維持されている。また, 放電はヘリウムのモル分率が 99% を超える領域に形成されており, 気中でのガス組成が重要であることがわかる。液体の導電率が比較的高いため, 液中には電界があまり浸透していないが, 0.1 mS/cm とした場合は液中, 特に, プラズマと接する近傍に強い電界が生じることが確認された。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科研費 (No. 15H03584) のサポートにより行われた。

参考文献

(1) N. Shirai et al., Plasma Sources Sci. Technol. 20 (2011) 034013.

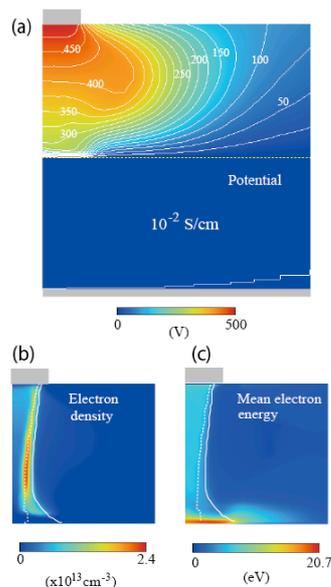


Fig. 2 Calculated discharge structure at applied voltage of 500 V and liquid conductivity of 10 mS/cm, (a) potential distribution, (b) electron density and (c) electron mean energy.