

流体作用を考慮した液体電極を有する大気圧直流グロー放電の数値解析

Numerical Simulation of Atmospheric-Pressure Glow Discharges with Liquid Electrode with Consideration of Fluid Dynamics

都立大院システムデザイン¹, ○ 朽久保 文嘉¹, 後藤 宇輝¹, 中川 雄介¹

Tokyo Metropolitan Univ.¹, ○ Fumiyoshi Tochikubo¹, Takaki Goto¹, Yusuke Nakagawa¹

E-mail: tochi@tmu.ac.jp

液体電極を用いた直流大気圧グロー放電は、安定な大気圧非平衡プラズマの一種である。直流や高周波の電界で駆動される off 区間のないプラズマではジュール加熱によってガス温度が上昇しやすいので、この影響を考慮する必要がある。特に、液体を伴う大気圧非平衡プラズマにおいては、ガス加熱による対流やイオン風は液体流にも影響を及ぼし、液中化学種の分布にも影響を与える [1]。気体力学を考慮した He 大気圧直流グロー放電の数値解析では放電電流増加に伴ってガス温度が 1500 K 程度まで上昇している [2]。本報告は液体電極を有する直流大気圧グロー放電において、放電と熱的作用を考慮した数値解析の試みである。

計算モデルは右図に示すような液面を電極とした He 大気圧直流グロー放電であり、空隙と液体の深さは 1 mm と設定し、液体底部を接地としている。解析モデルは、液体電極を用いたガス放電シミュレーションと、気体・液体の流体シミュレーションに分けられる。前者では、ガス中の電子、イオン、準安定 He に関する密度連続式、及び、導電率を考慮した液中の電流保存式をポアソン方程式と連立することで放電形状、液中を含む電界分布を得ている。気流のシミュレーションについては、ジュール加熱やイオン風を考慮の上で気体に対する密度、運動量、エネルギーの連続式を計算している。ガス温度上昇に伴うガス密度変化は気体放電部の計算に反映される。また、液流のシミュレーションについてもジュール加熱を考慮してナビエ・ストークス方程式を計算している。気体放電と気液の流れでは時定数が大きく異なるため、相互を関係付けるパラメータを受け渡ししながら、収束に至るまで計算自体は別々に交互に行った。

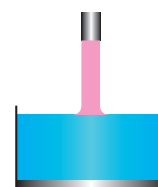


図 1: 計算対象の形状

図 2 は気中、液中の温度分布の一例であり、陰極降下領域 (液体近傍) で発生した熱が液体にも伝達される。但し、現状では蒸発を考慮できていないので、実際には液体の気化、気化熱による温度低下が起こるものと推測される。詳細は当日に報告する。

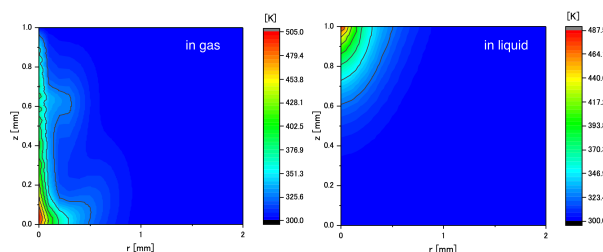


図 2: 気中、液中の温度分布の例

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP21H01075 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] A. Lindsay, C. Anderson, E. Slikboer, S. Shannon, and D. Graves, J. Phys. D, **48**, 424007 (2015)
- [2] V. Boutrouche and J. P. Trelles, J. Phys. D, **55**, 485201 (2022)