

非平衡大気圧 He プラズマ基礎特性に及ぼす水蒸気の影響

Influence of Water Vapor Concentration on Fundamental Properties

in Non-Equilibrium Atmospheric-Pressure Helium Plasmas

○坂下 准哉、小田 昭紀 (千葉工業大学)

○Junya Sakashita, Akinori Oda (Chiba Institute of Technology)

E-mail: akinori.oda@it-chiba.ac.jp

1. はじめに

非平衡大気圧プラズマ (以下、大気圧プラズマ) は、イオンやラジカルなどの反応活性種が多く生成でき、高い化学反応性を有することから、材料プロセス分野や医療・バイオ分野への応用が期待されており、精力的に研究開発がなされている^{(1),(2)}。通常、大気圧環境下で均一なプラズマを生成する際にはプラズマ生成用ガスとして He ガスが多く用いられるが^{(1),(2)}、実際には生成用ガスに水蒸気 (H₂O) などの不純ガスが必ず含まれてしまい、その存在により大気圧プラズマに影響が顕著に現れることが予想される。

そこで、本報告では、この H₂O 濃度が大気圧 He プラズマの基礎特性へ及ぼす影響を調査することを目的とし、空間 1 次元流体モデルシミュレーションにより非平衡大気圧 He/H₂O プラズマの解析を行い、H₂O 濃度が及ぼす影響について検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 非平衡大気圧 He/H₂O プラズマのモデリング

本研究では、放電容器内に水蒸気を添加した He ガス (760 Torr, 300 K) が封入されており、4 mm のギャップを空けた平行平板金属電極の両側に誘電体 (比誘電率: 3.8, 厚さ: 0.5 mm) が貼付けられた電極構成を考える。その上で、両金属電極間に高周波正弦波電圧が印加されることで電極の径方向に均一な大気圧プラズマが生成されるとした。ここで、放電ギャップ間で生成されるプラズマを流体として取り扱い、その支配方程式 (荷電粒子および励起・中性粒子に

関する数密度連続の式、ポアソンの式、電子エネルギー保存式) を空間一次元方向で数値的に解くことによりシミュレーションを行った⁽³⁾。

3. 解析結果

図 1 に両電極間への投入電力密度 (1.7 Wcm⁻²) 一定とした際の大気圧 He/H₂O プラズマ中の各粒子密度の H₂O 濃度依存性を示す。図 1 (a) に示す荷電粒子組成から、今回設定した H₂O 濃度範囲では、添加量の最も少ない 10 ppm で H₂O 由来の正イオンが総正イオン数密度の 5 割にも達しており、水蒸気の影響が顕著に現れていることがわかる。また、それに加え、図 1 (b) に示す励起・中性粒子組成からも、今回設定した H₂O 濃度範囲において、H₂O 由来のラジカルがプラズマ中での生成粒子 (He ガスを除く) の大部分を占めており、中性粒子組成の観点からも水蒸気の影響が顕著に現れていることが言える。その他大気圧 He プラズマへの及ぼす水蒸気の影響に関しては、講演当日に報告する。

参考文献

- (1) 竹生 修己 著: 「大気圧プラズマ-基礎と応用」 オーム社 (2009)
- (2) 沖野 晃俊 他 著: 「大気圧プラズマ-の技術とプロセス開発 (シーエムシー出版)」 (2011)
- (3) X. Yuan, and L. L. Raja: IEEE Trans. Plasma Sci., Vol.31, No.4, pp.495-503 (2003)

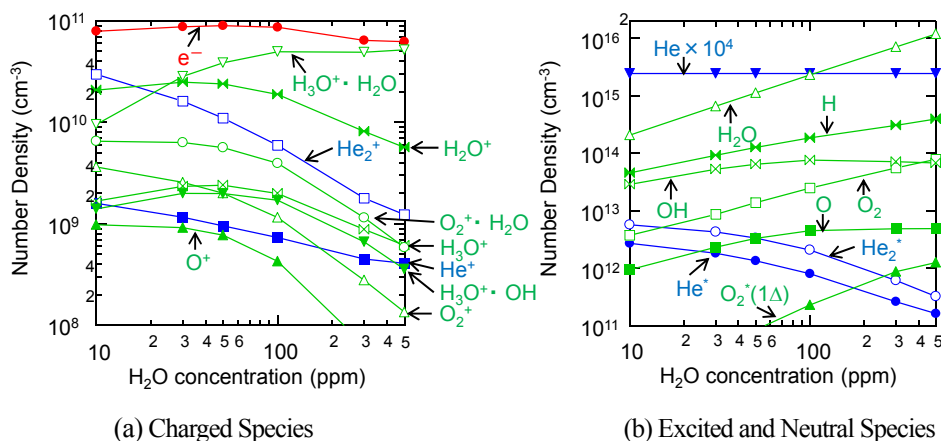


Fig. 1 Particle Composition in Atmospheric Pressure He/H₂O Plasmas for various H₂O concentrations