

低ガス圧ヘリウムプラズマに入射した水ジェットにおける 無電流電解反応の可能性

Possibility of current-less electrochemical reaction in water jet
injected into low-pressure helium plasma

北大工¹, 京大工² °(M1)伊藤 健¹, 作花 哲夫², 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, Kyoto Univ.² °Takeshi Ito¹, Tetsuo Sakka², and Koichi Sasaki¹

E-mail: itoh.takeshi.m1@elms.hokudai.ac.jp

【はじめに】

近年、大気圧下で非平衡プラズマを生成する技術が発展したことで、水などの液体にプラズマを直接照射できるようになった。これによって、プラズマの応用は、材料プロセッシングの分野だけでなく、医療や農業など幅広い分野にも広がりを見せており、プラズマと液体の相互作用はプラズマ科学技術の分野でますます重要なテーマになっている。

プラズマと水との相互作用は大気圧プラズマを用いて研究されることがほとんどだが、大気圧プラズマは制御性に劣り、プラズマパラメータの測定が難しく、プラズマ電位が固定されにくいという問題があり、プラズマ・液体相互作用の基礎研究を難しくしている。そこで本研究では、プラズマ・液体相互作用の新しい研究プラットフォームとして、低ガス圧プラズマに水ジェットを導入する実験装置を開発した。本講演では、この装置を用いた最初の実験として、ヘリウムプラズマに水ジェットを導入したときの気相の中性粒子の組成を分析した実験結果について報告する。

【実験方法】

実験装置の概略図を図1に示す。プラズマ生成方式として誘導結合高周波放電を採用しており、真空容器外部に置いた高周波アンテナに周波数 13.56 MHz の電力を供給し、真空容器内にヘリウムプラズマを生成した。直径 50 μm のノズルに高圧水を印加する方法によって液体水ジェットを発生させ、プラズマ中に入射した。水ジェットの電位はほぼフローティングの状態にある。真空容器内に液体窒素温度に冷却したトラップを設置し、プラズマを通過した

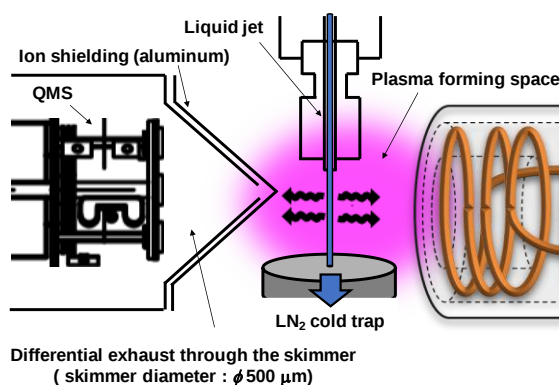


Fig.1 Experimental apparatus.

水を凍らせて真空中に保持することと、大排気速度 (2000 L/s) のターボ分子ポンプを用いることにより、プラズマ中の水蒸気分圧を低下させ、気相反応の影響を低減した。差動排気した別の真空容器にプラズマ中のガスをサンプリングし、四重極分析器を用いて分析した。このとき、スキマー部を接地した金属で覆うことにより、プラズマ中のイオンが四重極質量分析器に届くことを阻止した。

【実験結果および考察】

図2は、高周波電力を変化させたヘリウムプラズマを水ジェットに照射した際に得られた質量スペクトルから、水素分子と酸素分子の生成量を求めた結果である。プラズマを生成しないときの容器内の水蒸気分圧 (約 0.3 mTorr) から、水ジェット表面からの水分子の生成量は約 7 $\mu\text{mol/s}$ と求められた。プラズマの生成によって水蒸気分圧は低下せず、むしろ増加することが観察された。したがって、図2に示した水素分子と酸素分子の生成は気相反応によるのではなく、水ジェットから生成していると考えられる。水ジェットからの酸素分子の生成は、図中に記入した電解反応によるものであり、この電解反応によって生成した H^+ がプラズマから輸送される電子と $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ のように反応し、水素分子が発生したものと考えられる。一方、電解反応によって生成した電子は、プラズマから輸送されるヘリウムイオンと反応して中和していると考えられる。

本研究は科研費基盤研究 A (20H00135) のサポートを受けている。

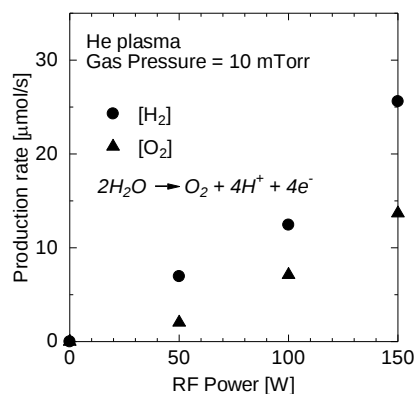


Fig.2 Production rate of H_2 and O_2 from liquid water jet as a function of rf power.