

低ガス圧 He プラズマと NaCl 水溶液ジェットの界面における酸化還元反応に対するバイアス電位印加の効果

Effect of bias voltage on redox reactions at interface

between NaCl solution jet and low-pressure He plasma

北大工¹ ○(M2) 高橋 仁¹, 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, °Jin Takahashi¹ and Koichi Sasaki¹

E-mail: aporo2030@eis.hokudai.ac.jp

【研究背景及び目的】

最近、浮遊電位の水ジェットと低ガス圧ヘリウムプラズマの界面において、無電流であるにもかかわらず酸化還元反応が同時に生じ、水素分子および酸素分子が生成されることが見出された。この場合の酸化還元反応は、 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 、 $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}_p \rightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$ 、および、 $4\text{He}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{He}$ であると考えられている[1]。ただし e_p はプラズマから輸送される電子をあらわす。本講演では、水ジェットにバイアス電位を印加し、プラズマから輸送される電子とイオンのフラックスをアンバランス化した場合の結果について報告する。バイアス電位を印加するために NaCl 水溶液ジェットを用い、その電位を負に制御した場合、水素の生成が抑制される一方、酸素の生成に変化は無いと予想出来る。

【実験方法】

水とプラズマを相互作用させる実験では大気圧プラズマが広く用いられているが、本実験では低ガス圧誘導結合プラズマに、電位を制御したジェット状の NaCl 水溶液を入射する装置を用いた。直径 50 μm のノズルを用いて NaCl 水溶液ジェットを発生すること、真空排気で大排気速度のターボ分子ポンプを用いること、および、真空容器内に液体窒素温度に冷却したトラップを設置することにより、真空容器内の水蒸気分圧を 2~3 mTorr まで低減した。水蒸気分圧が 2~3 mTorr の真空容器にマスフローコントローラを用いてヘリウムを供給し、容器内の圧力を 15~16 mTorr とした。以上のガス条件において、真空容器に取り付けたパイレックスガラス管の周囲に巻いた 2 ターンのスパイラルアンテナに 13.56 MHz の高周波電力を供給することによってプラズマを生成した。高周波アンテナに対向する位置に設置した作動排気した真空容器に四重極質量分析器を

取り付け、オリフィスを介してプラズマ中のガスをサンプリングし、その組成を分析した。

【実験結果及び考察】

図 1(a)に示すように、NaCl 水溶液ジェットに負のバイアス電位を印加した場合、浮遊電位の場合と比較して水素の生成レートが減少した。これは、負にバイアスした NaCl 水溶液ジェットにはプラズマ中の電子 e_p が輸送されないため、 $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}_p \rightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$ の還元反応が抑制されたためと考えられる。一方、図 1(b)に示すように、酸素の生成レートには変化がなかったことから、 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ および $4\text{He}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{He}$ のレートは負バイアスに影響されなかったと考えられる。バイアス電位が -200 V であるにもかかわらず水素の生成レートがゼロにならなかった要因としては、1) NaCl 水溶液ジェットの先端部分から発生した液滴が浮遊電位となりその表面で還元反応が生じた可能性、および、2) イオンが照射された NaCl 水溶液ジェットの気液界面付近に水と電子が生じ[2]、それが還元反応を生じさせた可能性が考えられる。

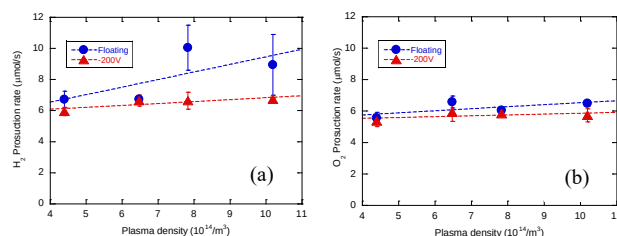


図 1 低ガス圧ヘリウムプラズマに NaCl 水溶液ジェットを入射したときの(a) H_2 および(b) O_2 の生成レートに対するバイアス電位印加の効果

[1] T. Ito, T. Sakka, and K. Sasaki, Plasma Sources. Sci. Technol. **31**, 06LT02 (2022).

[2] Y. Inagaki and K. Sasaki, to be published in Plasma Sources Sci. Technol.