

# 大気圧非平衡プラズマ中単一液滴の帯電及び化学反応の数値解析

## Numerical analysis of charging and chemical reaction of single droplet in atmospheric-pressure nonequilibrium plasma

首都大院 システムデザイン ○(M1)横田剛, 中川雄介, 内田諭, 朽久保文嘉  
Tokyo Metropolitan Univ. °Go Yokota, Yusuke Nakagawa, Satoshi Uchida, Fumiyoshi Tochikubo  
E-mail: yokota-go@ed.tmu.ac.jp

### 1. はじめに

近年, 非平衡大気圧プラズマの多様な発生方法の開発に伴い, プラズマと液体の相互作用の解明及びその利用に関する研究が活発に行われている。プラズマ誘起液中反応の一次反応は界面近傍で起こるため, 比表面積の大きい微小液滴の利用は有利である。本研究は, 液滴における帯電過程, これに伴う液滴内反応など, 微視的観点での物理的, 化学的現象解明が目的である。

本解析では, プラズマ中における液滴内外の電位分布と電界の解析, 液滴内部の化学反応と荷電粒子の輸送を考慮した微視的モデルを用いて数値シミュレーションによって解析を行い, 新しい解析モデルの提案と結果の考察を行った。

### 2. 解析手法

本解析ではプラズマ中に存在する単一の液滴を考え, 液滴同士の相互作用などは起こらないものとした。電位はポアソンの方程式を解くことで求めた。荷電粒子の輸送については, プラズマ空間, 及び, 液滴中ともにドリフトと拡散で移動すると考え, 密度連続式を用いて計算した。 $r$ 方向の解析領域は  $0.1 \text{ mm}$ , 液滴の半径は  $4 \mu\text{m}$  で, 液滴の比誘電率を  $80$ , プラズマ空間中の比誘電率を  $1$ , ヘリウムの大気圧グロー放電を想定し, プラズマ中の電子と  $\text{He}^+$  の初期密度はどちらも  $10^{11} \text{ cm}^{-3}$  とした。プラズマ中の電界は大気圧直流ヘリウムグロー放電中の値として  $1000 \text{ V/cm}$  を用いた[1]。外部電界は  $-z$  方向に一様とした。

### 3. 結果と考察

Fig.1 に  $10^{-4} \text{ mol/L}$  の  $\text{NaCl}$  液滴の表面部分の帯電量の時間変化を示す Fig.1 から, 帯電が定常に達するまで約  $3 \mu\text{s}$  であった。プラズマ中の荷電粒子のドリフトと拡散による移動を考慮した結果, プラズマ空間からの電子の入射は液滴の角度  $\pi/2 \sim \pi$  部分の方が  $0 \sim \pi/2$  の部分より多かった。 $\text{NaCl}$  の濃度が  $10^{-4} \text{ mol/L}$  のときは  $\theta = \pi$  の部分が最も負に帯電している。Fig.2 に液滴内部の  $\text{H}^+$ ,  $e_{\text{aq}}^-$  の密度分布を示す。 $\text{H}^+$ ,  $e_{\text{aq}}^-$  は電子と  $\text{He}^+$  の入射によって生成された荷電粒子である。Fig.2 より  $\text{H}^+$  は  $\text{He}^+$  の到達しやすい  $0 \sim \pi/2$  の部分に多く生成

され,  $e_{\text{aq}}^-$  はプラズマ中の電子から生成されるため,  $\pi/2 \sim \pi$  部分に多く生成されている。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H01207 の助成を受けたものです。

### 参考文献

[1] F. Tochikubo and T. Sirafuji, J. Plasma Fusion res Vol91, No5, (2015)307-313.

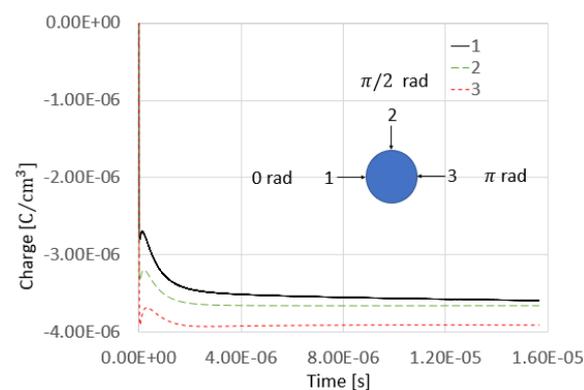


Fig.1  $10^{-4} \text{ mol/L}$  の  $\text{NaCl}$  液滴の表面部分の帯電量の時間変化

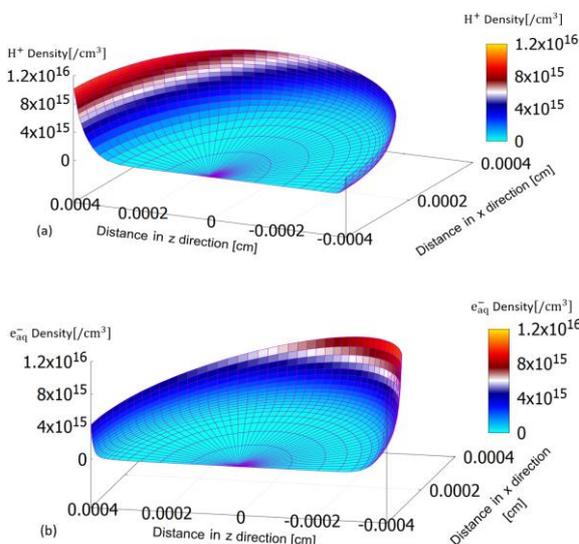


Fig.2 液滴内部での(a)  $\text{H}^+$ , (b)  $e_{\text{aq}}^-$  の密度分布