水面へのプラズマ照射による気液界面水和電子反応シミュレーション

Numerical Simulation of Aqueous Electron Reactions near the Gas-Liquid Interface by Plasma Irradiation on a Water Surface

阪大工　°幾世 和将，浜口 智志

Osaka Univ., °Kazumasa Ikuse, Satoshi Hamaguchi

E-mail: ikuse@ppl.eng.osaka-u.ac.jp

大気圧の気相中に生成されたプラズマから液面へ電子が供給された際の現象について、プラズマの医療応用や微粒子形成などの様々な観点から注目が集まっている。今回、特に液中のスカベンジャーや液面に形成される電場などの存在が液中水和電子分布に及ぼす影響について、気液界面の非常に微細な領域に注目し、シミュレーションを行った。

シミュレーションは、液中の各化学種について次の式を数値的に解くことによって行った。

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} = -\nabla\cdot\left(-D_i\nabla n_i + \mu_i n_i \vec{E}\right) - \left(v\cdot\nabla\right)n_i + \widetilde{R}_i$$

ここで、n_i は化学種 i の液中濃度であり、t は時間、D_i は拡散係数、μ_i は易動度、$\vec{E}$ は液中のイオンによって形成される電場、v は深さ方向への移流速度である。また、$\widetilde{R}_i$ は化学反応による化学種 i の生成・消滅を示しており、反応速度式に基づいて計算される化学反応項である。

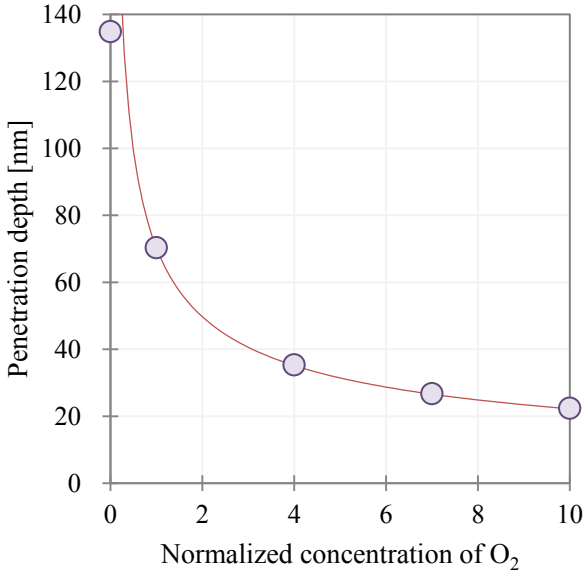

Fig. 1. Change of the penetration depth of electrons

電子に対するスカベンジャーとして、大気にさらされた水中では、溶存酸素や水素イオンが主なものである。計算結果の一例として、液中酸素濃度（$[O_2]$）が電子の侵入深さへ与える影響を Fig. 1 に示す。ここでは、液中水和電子濃度が液面の１０分の１となる距離を侵入深さλとしてプロットした。また、横軸は１気圧の大気と平衡な液中酸素濃度$[O_2]_{eq}$（$[O_2]_{eq} = 2.7\times10^{-4}$ M）で規格化してある。図中の線は、$[O_2]=[O_2]_{eq}$のときのλをλ_{eq}として、

$$\lambda = \lambda_{eq}\cdot\left(\frac{[O_2]}{[O_2]_{eq}}\right)^{-0.5}$$

であり、スカベンジャー濃度（$[O_2]$）が高い領域では、その２乗根に反比例して電子の侵入深さが短くなっていることが分かる。

発表では、このほかのスカベンジャーや気液界面電場の効果も合わせて、プラズマと液面との相互作用における電子の振る舞いについて報告する。

© 2016年 応用物理学会