Ar 雰囲気における水上パルス放電により水中に生成される H^+の挙動

Behaviour of H^+ by pulsed discharge plasma above water in Ar atmosphere

室蘭工大，○津田 倖司，高橋 一弘，佐藤 孝紀

Muroran I. T., ○Kohshi Tsuda, Kazuhiro Takahashi and Kohki Satoh

E-mail: 18043029@mmm.muroran-it.ac.jp

1. はじめに

水上放電プラズマにより水中に生成される活性種は大腸菌の殺菌に寄与し，水中の pH が低い領域において生成が促進され，殺菌効果が向上する[1]。したがって，殺菌効果を向上させる，すなわち，活性種の生成を促進させるためには，pH が低い領域を作り出すことが重要であり，水上放電プラズマに伴う H^+の生成機序を詳細に把握し，水中に生成される H^+を適切にコントロールすることが望まれる。

水上放電プラズマに伴う H^+の生成機序について調査した先行研究として，放電プラズマ中の正イオンの電荷が H_2O 分子に移行して水中に生成される H_2O^+の解離により，H^+が生成されることが報告されている[2]。しかし，H^+の挙動についての研究は，我々が知る限り行われておらず，不明瞭な点が多い。

本研究は，水上放電プラズマに伴い水中に生成される H^+の挙動の調査を目的とする。ここでは，Ar 雰囲気において正極性パルス放電を水に照射し，H^+ の挙動を Bromothymol blue (BTB，$C_{27}H_{28}Br_2O_5S$)，Methyl red (MR，$C_{15}H_{15}N_3O_2$)，Phenol red (PR, $C_{19}H_{14}O_5S$), Bromophenol blue (BPB, $C_{19}H_{10}Br_4O_5S$) および Methyl orange (MO，$C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$)溶液を用いた比色分析により可視化する。また，シュリーレン法を用いて，水中の密度変化を可視化し，両者の比較により H^+の挙動について検討した結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法

直径が 4 mm，長さが 35 mm のステンレス製の針電極を底面がアルミニウム板の試料容器の上に設置する。試料容器の側面はアクリル製で，縦と横がそれぞれ 85 mm，高さが 90 mm であり，試料容器底部のアルミニウム板は接地されている。試料液体は 5 種類あり，1%の NaCl 水溶液に BTB，MR，PR，BPB および MO 溶液をそれぞれ添加して各濃度を 12 ppm に調製したものである。各試料液体 200 mL を容器に注ぎ，試料液体中の溶存ガスを取り除くため，Ar ガスで試料液体をバブリングした。その後，1.0 L/min の流量で Ar ガスを試料容器内にフローさせることで，Ar 雰囲気とした。全長が 50 m，静電容量が 100 pF/m の高周波同軸ケーブル(フジクラ製，8D-2V)を 2 本用いた Blumelein 線路により，正極性のパルス電圧(パルス幅 : 500 ns)を発生させ，これを針電極に印加することで，水面上にパルス放電を発生させた。なお，同軸ケーブルの充電電圧を-14.14 kV，パルス繰り返し周波数を 20 pps，針電極先端と水面の距離を 4 mm とした。

3. 実験結果

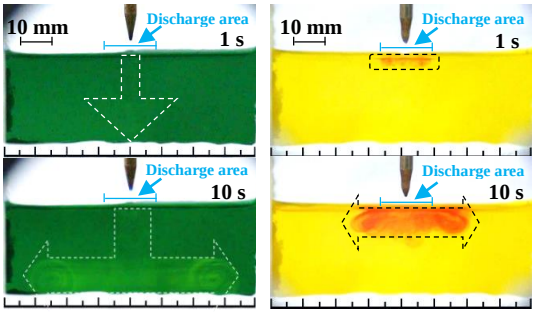
Fig.1 (a)および(b)は，それぞれ BTB および MR 水溶液に正極性のパルス放電を照射したときの H^+の挙動を示す。BTB 水溶液を用いた場合，放電照射直後，放電進展部直下で生成された H^+が接地電極方向(鉛直下向き)に進展し，接地電極に到達後，液-接地電極界面側において容器側面方向に進展している。MR 水溶液を用いた場合，放電進展部直下から生成された H^+が気-液界面側において容器側面方向に進展している。また，PR，BPB および MO 水溶液を用いた場合，H^+の進展の様子は，MR 水溶液を用いた場合と同様であった。

Fig.2 (a)，(b)および(c)は，それぞれ BTB，MR および NaCl 水溶液に正極性のパルス放電を照射したときの水中をシュリーレン法により観測した結果を示す。BTB 水溶液を用いた場合，接地電極方向に進展する密度変化が生じているのに対し，MR および NaCl 水溶液を用いた場合，気-液界面側において容器側面方向に進展する密度変化が生じている。また，MR および NaCl 水溶液を用いた場合と同様の変化が，PR，BPB および MO 水溶液を用いた場合にも見られた。

これらの結果から，BTB 水溶液を用いた場合のみ，H^+の進展および水中の流動に大きな差異が生じることがわかった。

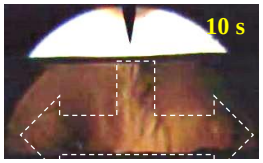
参 考 文 献

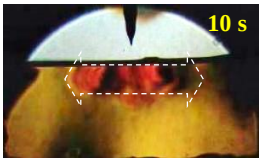
[1] S. Ikawa *et al.* : Plasma process. Polym. **7**, 33 (2013).
[2] 脇坂 尚吾 : 平成 29 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会予稿集，**119** (2017)



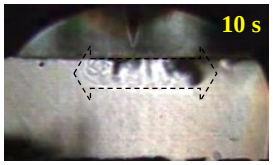
(a) NaCl/BTB solution (b) NaCl/MR solution

Fig.1 Visualization of generation and behaviour of H^+





(a) NaCl/BTB solution (b) NaCl/MR solution



(c) NaCl solution

Fig.2 Visualization of density variation

© 2019年 応用物理学会