パルス放電照射による水中の ROS/RNS 生成 Production of ROS/RNS in water by pulsed discharge exposure 室蘭工大¹, ストラスクライド大², ⁰中井 基嗣¹, 佐藤 孝紀¹, 伊藤 秀範¹, 川口 秀樹¹, I. Timoshkin², M. Given², S. MacGregor²

Muroran I. T.¹, ^oMototsugu Nakai¹, Kohki Satoh¹, Hidenori Itoh¹ and Hideki Kawaguchi¹

Univ. of Strathclyde², Igor Timoshkin², Martin Given², and Scott MacGregor²

E-mail: 10024111@mmm.muroran-it.ac.jp

1. はじめに

近年,水に放電プラズマを照射して生成したプラズ マ処理水による殺菌印や、植物の生長促進印が注目さ れており、水中で生成される活性酸素種(ROS: Reactive oxygen species) および活性窒素種 (RNS: Reactive nitrogen species)の寄与が指摘されている^[2,3]。プラズマ 処理水の利用においては、水中で生成される ROS/RNS の種類および生成量を適切にコントロールすることが 不可欠であり、放電プラズマ中で生成される種と ROS/RNS の濃度の関係を解明することが求められて いる。

本研究は、パルス放電を照射したイオン交換水中の ROS/RNS 生成特性を明らかにすることを目的とする。 ここでは、バックグラウンドガスを変化させながら正 極性パルス放電を照射したときのイオン交換水中の H2O2 および NO3 の濃度を測定するとともに、これら の生成物の生成過程を検討した結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

ステンレス製の針電極(直径 #1.5 mm×長さ 19 mm) と試料容器(内径 # 119 mm× 深さ 12 mm, 容量約 130 mL) で電極を構成し, 試料容器を接地する。この電極 を放電チャンバー(内径 140 mm×高さ 100 mm)内に設 置し, 試料容器にイオン交換水を 100 mL 注ぎ, 針先 から水面までの距離を4 mm とする。バックグラウン ドガスには N2(純度 99.99%), O2(純度 99.5%), Ar(純度 99.99 %), Ar-O₂, O₂-N₂および N₂-Ar 混合ガスを使用 し、大気圧下で5 L/minの流量で放電チャンバー内に フローさせる。

Blumlein 回路を用いて正極性パルス電圧を発生させ, これを針電極に印加して水面上にパルス放電を発生さ せる。イオン交換水への放電照射時間を60分とし、放 電照射 15 分毎に試料をバイアル瓶に 1.2 mL 採取し, 高速液体クロマトグラフ(島津製作所製, Prominence, カラム: IC NI-424)を用いてイオン交換水中の生成物を 分析する。

3. 実験結果

Fig.1は、放電照射 30 分後の水上パルス放電の様子 を示す。ガス組成によって放電の形状が異なり、N2が 含まれると水上に広がる放電の本数および広がりが少 なくなることがわかる。Fig. 2 は, 注入エネルギーに 対する水中のH2O2の濃度変化を示す。H2O2の濃度は, 注入エネルギーの増加に伴い増加するが、N2を含むガ ス中では、H2O2の生成量が著しく低いことがわかる。 H₂O₂は,(1)式に示す反応で生成されると考えられ, の H₂O₂ 生成に係る OH は, (2)式に示す高エネルギー 電子とH2Oの衝突により生成されると考えられる。

 $OH + OH \rightarrow H_2O_2$ $(k = 2.6 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s})$ (1) $(k = 2.6 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{s})$ $H_2O + e \rightarrow OH + H + e$ (2)N2を含むガス中の放電では、Fig.1に示すような放電の 形状から,(2)式の反応で生成されるOHの量が少なく, H2O2の生成量が低くなると考えられる。

Fig.3は,注入エネルギーに対する水中のNO3の濃度 変化を示す。N2 を含むガス中での放電では、(3)~(6)式

に示す反応で HNO3 が生	成され、これが水に溶解して
いると考えられる。また,	N ₂ を含むガス組成では, (4)
および(6)式の反応で OH	が消費されるため, これも
H2O2の生成量が低い原因の	の一つと考えられる。
$N_2 + e \rightarrow 2N + e$	$(k = 2.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s})$ (3)

$NO_2 + OH \rightarrow HNO_3$	$(k = 2.8 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s})$	(6)
$NO + O \rightarrow NO_2$	$(k = 3.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s})$	(5)
$N + OH \rightarrow NO + H$	$(k = 4.3 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s})$	(4)
-	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · ·

- [1] 北野 他: 第 60 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 29p-B7-8 (2013).
- [2] 高木: J. HTSJ. 51, 216, 64 (2012).
- [3] 浜口: J. Plasma Fusion Res. 87, 10, 696 (2011).



Fig. 1. Photographs of pulsed discharge.



