

## 水中気泡パルスパワー放電による模擬再利用水の殺菌と殺菌メカニズムの検討

上田大登・宮田亮介・坪田梨花・藤井尊之・大澤直樹・谷田育宏・大澤敏（金沢工業大学）

中田幸一（アイナックス稲本株式会社）

## 1. はじめに

連続式洗濯機では、高い節水能力を実現するために、すすぎや脱水時で生じた排水を浄化処理し、洗いに再利用している。プラズマ中には、高い電界強度、電子やイオンの衝突、活性種、紫外線などが発生するので、殺菌やウイルスの不活化への応用が可能であることから[1]、プラズマにより再利用水の浄化性能の向上が期待できる。著者らは、これまでに、 $O_3$ 気泡を含む水中でパルス放電を発生させたときのインジゴカルミンの脱色時間は、 $O_3$ 気泡を含まないときの脱色時間に比べて早くなることを明らかにした。これは、 $O_3$ 注入の効果により  $O$ ラジカルや  $OH$ ラジカルの生成量が増えたためである[2]。 $O_3$ 気泡を含む水中パルス放電による水の殺菌効果を明らかにするという最終目標を達成するために、本研究では、その基準となる、 $O_3$ を含まないときの水中気泡パルスパワー放電による水の殺菌効果を調べた。

## 2. 実験方法

図1に実験システムを示す。システムは、気泡放電装置、マスフローコントローラ（SEC400mk3, Horiba STEC）、パルス電源（MPC3010S-50SP, 末松電子製作所）、高電圧プローブ（PHV4002-3-R0, PMK）、高周波CT（CT-D1.0-BNC, Magnelab）で構成される。気泡放電装置は、5対の針電極（直径3.1 mm, テーパー角15°, 曲率半径0.5 mm, 対向電極間距離2 mm）、散気装置（#100, いぶきエアストーン）、サファイア窓で構成される。試料溶液（導電率125  $\mu S/cm$ ）には、滅菌水で100倍に希釈したMHB培地（35 mL）中に *Lysinibacillus odyssey*, *Aquabacterium olei*, *Acinetobacter haemolyticus* を含めた。それぞれの菌数は  $5.0 \times 10^6$  Count/mL とした。針電極への印可電圧は30 kV, パルス電圧の繰り返し周波数を100 pps とした。ガスは乾燥空気（絶対湿度119.3  $mg/m^3$ ）とし、流量は0.6 L/min とした。処理時間は2分, 5分とした。実験回数3回とした。パルス放電の平均放電電力には、パルス放電1発のエネルギー、繰り返し周波数、放電率の積から求めた。発光スペクトルの観察には、小型マルチチャンネル分光器（USB4000, Ocean Optics）を用いた。露光時間を200 ms, アベレーシングを20回, ファイバ先端から気泡放電発生装置までの距離を140 mm とした。

## 3. 実験結果

図2に生菌数と処理時間の関係を示す。図中のエラーバーは標準偏差である。処理時間を長くすると菌数が低下した。2分の放電処理では1/100, 5分では1/10000の菌数にでき、殺菌率は99.97%となった。処理中の放電エネルギーと平均放電電力は、18.2 mJ と 1.50 W であった。

図3に水中気泡パルス放電処理中の発光スペクトルを示す。312 nm と 777 nm において、酸化ポテンシャルの

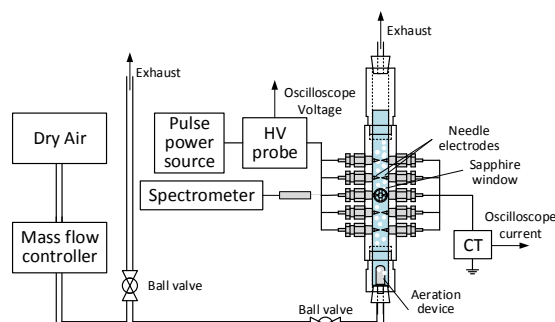


図1 実験システム

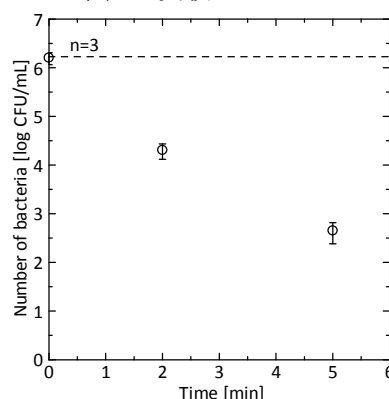


図2 生菌数と処理時間の関係

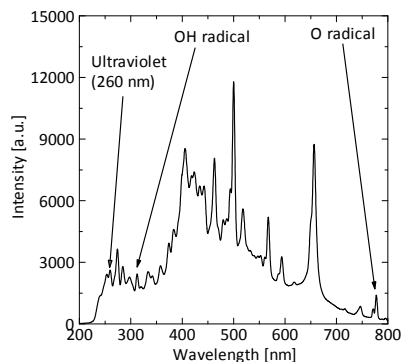


図3 発光スペクトル

高い  $OH$ ラジカルや  $O$ ラジカル由来の線スペクトルが観察された。また、260 nm において、DNA 吸収波長の紫外線も確認された[3]。

以上のことから、水中気泡パルス放電によって生成されたラジカルや紫外線によって、生菌数が減少したと考えられる。

## 参考文献

- [1] 谷野考徳・柳沢美貴・大嶋孝之：静電気学会誌，第36巻，第1号，pp.37-42（2012）
- [2] S. Yamaguchi, T. Oyama, R. Nakano, N. Osawa, Y. Yoshioka, Int. J. Plasma. Environ. Sci. Technol., 14, e01010(11pp), (2020)
- [3] 中田敏夫・田沼三生：有機化学合成協会誌，第32号第6号，pp.419-434（1974）