

各種ガスプラズマによる水中殺菌と細菌の電子顕微鏡観察

Liquid sterilization using various gas plasma and electron microscopic observation of bacteria

○堂山英之¹, 川野浩明¹, 小林智裕¹, 高松利寛^{1,2}, 松村有里子³, 宮原秀一¹,
岩澤篤郎³, 東健², 沖野晃俊¹

(1. 東工大院総理工, 2. 神戸大院医学, 3. 東工大院生命理工)

○Hideyuki Doyama¹, Hiroaki Kawano¹, Tomohiro Kobayashi¹, Toshihiro Takamatsu^{1,2},
Yuriko Matsumura³, Hidekazu Miyahara¹, Atsuo Iwasawa³, Takeshi Azuma², Akitoshi Okino¹
(1. Department of Energy Sciences, Tokyo Tech., 2. Graduate School of Medicine, Kobe University,
3. Department of Bioengineering, Tokyo Tech.)
E-mail: doyama@plasma.es.titech.ac.jp

大気圧低温プラズマは様々な菌に対して高い殺菌効果を示すことから、医療や食品などの分野で薬剤を使用しない新しい水中殺菌法として注目されている。従来のプラズマ殺菌の研究で用いられているプラズマ装置は使用できるガス種に制限があったため、様々なガス種で生成されたプラズマによる殺菌効果はあまり調査されてこなかった。そこで本研究では、講演者らの研究室で開発した、様々なガス種で安定に大気圧プラズマを生成できるマルチガスプラズマを用いた。ガスを変えることで生成される活性種が変わるため、殺菌効果や殺菌機序も変わると考えられる。本研究では、様々なガス種のプラズマを用いて水中殺菌効果を調べ、菌への影響を電子顕微鏡で観察した。

まず、少量の水中の菌に対する殺菌効果を調査するため、200 μ L の菌液に各種ガスで生成したプラズマを液面に照射し生存菌数を調査した。指標菌には黄色ブドウ球菌を用い、菌濃度は 10⁶ CFU/mL となるように調製した。様々なガスのプラズマを照射した結果、酸素プラズマを 2 分間照射した場合は生存菌数が 3 桁減少した。一方、窒素プラズマでは 1 分以内に生存菌数が 6 桁減少した。

次に、菌濃度を上記の実験と同様に調整した 200 mL の菌液を用いて殺菌実験を行った。プラズマの照射方式には、我々が開発したプラズマバブリング方式（特開 2015-093864）を用いた。菌液を入れた容器の下部から各種ガスで生成したプラズマを気泡として水中に導入するこの方式では、プラズマが水中に直接導入されるため、プラズマと水との接触面積が増加する事および、寿命の短い活性種も利用できる事などの特徴がある。様々なガスのプラズマを照射した結果、窒素プラズマを使用した場合には 30 秒以内に生存菌数が 6 桁減少した。酸素プラズマでは、上方からの照射では高い殺菌効果が認められなかったが、この方法では 10 秒以内に生存菌数が 6 桁減少した。

以上の結果から、プラズマの照射方式によって殺菌効果の高いガス種が異なることが明らかとなった。液面に照射する方式に対してバブリング方式では周辺の空気の影響を受けない特徴があるため、照射方式によって活性種が菌に作用する過程が異なることが考えられる。そこで、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いてプラズマを照射した後の菌の形状を観察した。上記の実験で最も殺菌効果の高くなった、液面へ窒素プラズマを照射後および酸素プラズマバブリング後の菌を観察した。図 1 に左からプラズマ照射前、液面へ窒素プラズマを照射後、酸素プラズマバブリング後の菌の様子を示す。液面への照射後は菌の表面に凹みがみられ、バブリングしたものは菌の径が小さくなった。これらの結果から、照射方式によって菌に損傷を与える要因が異なる可能性が示唆された。発表では、各条件のプラズマを照射した後の菌を SEM 観察した結果についても報告する。

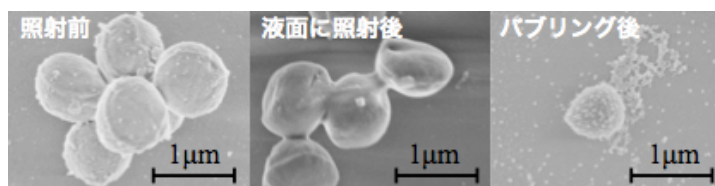


図 1 : 黄色ブドウ球菌の SEM 像