

酸素プラズマガスのバブリングによる水中殺菌

Sterilization in the Water by Bubbling of O₂ Plasma Gas

鶴岡高専¹, 山形県工業技術センター² ○吉木 宏之¹, 石川 福人¹, 菅原 哲也²

Tsuruoka National College of Tech.¹, Yamagata Research Institute of Tech.²

○Hiroyuki Yoshiki¹, Fukuto Ishikawa¹, Tetsuya Sugawara²

E-mail: yoshiki@tsuruoka-nct.ac.jp

1. はじめに

近年、液中または気液界面で放電プラズマを生成して有機物の分解、微生物の不活化、湖沼の浄化、新規ナノ物質の作製に応用する研究が行われている。¹⁾ 気液界面プラズマ現象では、イオン衝撃、UV照射、衝撃波、プラズマラジカル流、酸化・還元反応などの複合的作用で液中プロセスが進行する。中でも高密度で反応性に富むラジカルが気液界面に誘起するOHラジカル等の寄与は重要である。そこで、我々は空気またはO₂の大気圧プラズマで生成されるO^{*}、O₂^{*}等のラジカルやオゾンを処理液中にバブリングする事で、バブルの気液界面を反応場とする有機物の分解、殺菌処理を試みている。^{2,3)}

本研究では、一体型プラズマ・バブラーを試作して、O₂プラズマガスを菌液にバブリングすることで大腸菌、バチルス菌、酵母に対する不活化実験をおこなったので報告する。

2. 実験方法および結果

一体型プラズマ・バブラーの概念図と、O₂プラズマ・バブリング時の写真を図1に示す。φ7 mmの石英ガラス管内に、φ0.90 mmの注射針を用いた金属パイプ電極と、銅平板電極を2 - 4 mm間隔で設置する。金属パイプにガスを導入すると共にパルス正電圧を印加する事で電極間に大気圧μプラズマを生成する。誘導コイルで発生するパルス高電圧のV_{pp}は6 - 8 kV、パルス周期は1 ms、消費電力は約28 Wである。石英ガラス管と焼結セラミックスバブラーを直結する事で活性種の失活を最小限に抑えてプラズマガス流を液中にバブリングする。プラズマ発光分光分析(OES)をマルチチャンネル分光器(浜松ホトニクス PMA-11)、処理水中の溶存オゾン、H₂O₂、NO₂、NO₃測定をパックテスト(共立理化学 Δ-9000)で行った。また、プラズマガス・バブリングによる水溶液中でのOHラジカル生成をテレフタル酸の水酸化ナトリウム水溶液を用いた化学プローブ法にて検証した。⁴⁾ 殺菌実験は、大腸菌(3301株)、バチルス菌(13722株)、酵母(0304株)をそれぞれ10⁷⁻⁹ CFU/ml程度に前培養した菌液40 mlを処理直前に滅菌水400 mlに添加して攪拌(350-400 rpm)しながら60分間処理した。

大気圧O₂μプラズマのOESでは多数のOI(777nm, 845nm他)、O₂帯発光が見られO^{*}、O₂^{*}の生成を確認した。オゾン濃度はO₂流量と共に増加し、流量1.0 L/分で約400 ppmであった。溶存オゾン、H₂O₂、NO₂はそれぞれ0.20、0.10、0.02 ppm以下であった。また、化学プローブ法からバブリング開始後30 sでOHラジカル発生を確認した。これは、気液界面でのO₂+e⁻→2O^{*}+e⁻、O^{*}+H₂O→2OH反応によると考えている。図2に大腸菌、図3にバチルス菌の生存曲線を、プラズマ・バブラー1個および2個用いた場合で示す。処理ガス量が2倍になると殺菌効率が急激に向上するが、大腸菌では30分以降は生菌数が一定値を示し不活化作用が飽和した。この原因は不明であるが、プラズマ活性種による不活化の機構が菌種により異なる為と考えられる。

3. おわりに

O₂プラズマ・バブリングを大腸菌、バチルス菌、酵母の不活化処理に応用した結果、バチルス菌、酵母では強い殺菌効果が、大腸菌では滅菌数の飽和現象が見られた。

1) 秋山秀典 他：プラ核学会誌 **84** (2008) p.664. 2) 吉木宏之：食品工業，第**56**巻 第14号 (2013) pp. 59-65. 3) H. Yoshiki et al.: Abstract of ICRP-8/SPP-31, 5P-PM-S09-P17 (2014). 4) S. Kanazawa et al.: PSSST **20** (2011) 034010.

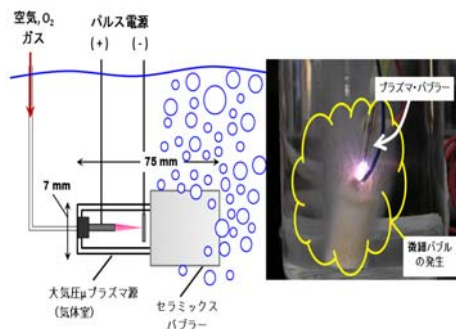


図1 一体型プラズマ・バブラーの概念図と写真

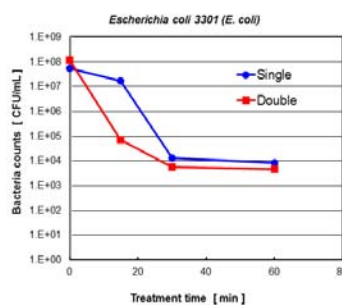


図2 大腸菌の生存曲線

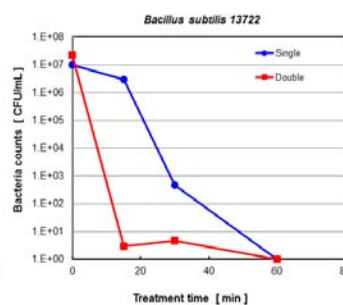


図3 バチルス菌の生存曲線