

大気圧コロナ放電プラズマジェットを用いた殺菌装置

吉田恵一郎^{*,1}, 日比野利友^{**}, 佐伯 登^{***,2}, 大久保雅章^{***,3}

(2008年1月30日受付; 2008年3月24日受理)

Sterilization Device Using Corona Discharge Plasma Jet at Atmospheric Pressure

Keiichiro YOSHIDA,^{*,1} Toshitomo HIBINO,^{**} Noboru SAEKI^{***,2} and Masaaki OKUBO^{***,3}

(Received January 30, 2008; Accepted March 24, 2008)

Sterilization using atmospheric pressure corona discharge plasma jet is successfully carried out. The plasma jet is applied for 0 ~ 5 s to several pieces of test paper including bacteria (*Escherichia coli* or *Saccharomyces cerevisia*). After the application of the nonthermal plasma jet, the bacteria are cultured in an incubator. The number of colonies on the test pieces is counted. It is known from this test that exposure time of 1 s is enough for more than 88% reduction of both the bacteria. Complete deactivation is performed with the exposure time of 5 s for both the bacteria.

1. はじめに

食品腐敗防止や医療施設で感染症防止に用いられている殺菌法に、加熱処理、放射線照射、薬剤処理などがある¹⁾。しかし、熱による殺菌では多量のエネルギーを必要とする上、食品に適用した場合にはタンパク質の変性による味の低下の問題がある。また、放射線処理では遮へいの必要性、薬剤処理では毒性の問題がある。本研究では省エネルギーで簡易な新しい低温殺菌法として、大気圧空気コロナ放電により発生する非熱プラズマ噴流を用いた方法と装置を提案し、大腸菌と酵母（真菌）に対する殺菌試験を行い、有効な結果を得たので報告する。

2. 試験装置と試験方法

図1に試験装置の概略を示す。外気を取り入れる送風機を内蔵し、先端部に放電電極を持つプラズマトーチ²⁾を殺菌に用いる。一對のワイヤ状放電電極に高電圧発生装置 (Plasma stream PSC1002, パール工業(株)製) にてパルス変

調高電圧を印加し、コロナ放電と送風機によって非熱プラズマ噴流を発生させる。ガス温度は50℃以下である。このプラズマ噴流が菌を含む試験片に照射され殺菌が実現する。プラズマトーチ先端と試験片の距離は20 mm、空気流量は40~50 L/min、トーチ先端の流速7 m/sであり、試験は25℃、相対湿度70%の試験室で行った。

図2に非熱プラズマ発生装置の電子回路を示す。商用AC100 Vを電源とし、20 kHz、最大ピーク間電圧24 kVの交流高電圧が放電電極に印加される。また、図中D部でIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) によるパルス変調 (変調周波数60 Hz) によって印加高電圧のデューティ比を変更し、放電出力を調節する。本試験では、ピーク間電圧24 kV、デューティ比50%とした。

大腸菌 (*Escherichia coli*) の殺菌試験には大腸菌群試験紙 (SIBATA CODE8051-301, 柴田科学(株)製) を用いた。試験紙の大きさは20×100 mmである。大腸菌を含む廃水に

キーワード: コロナ放電, 殺菌, 非熱プラズマ, 大腸菌, 酵母

* JST イノベーションプラザ大阪 (594-1144 和泉市テクノステージ 3-1-10) JST Innovation Plaza Osaka, 3-1-10, Techno-Stage, Izumi, Osaka, 594-1144, Japan

** 大阪府立大学大学院工学研究科機械系専攻 (599-8531 堺市中区学園町 1-1) Department of Mechanical Engineering, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai 599-8531, Japan

*** パール工業(株) (559-0015 大阪市住之江区南加賀屋 3-8-13) Pearl Kogyo Co., Ltd., 3-8-13 Minamikagaya, Suminoe-ku, Osaka 559-0015, Japan

¹ yoshida@osaka.jst-plaza.jp

² n_saeki@pearl-kg.co.jp

³ mokubo@me.osakafu-u.ac.jp

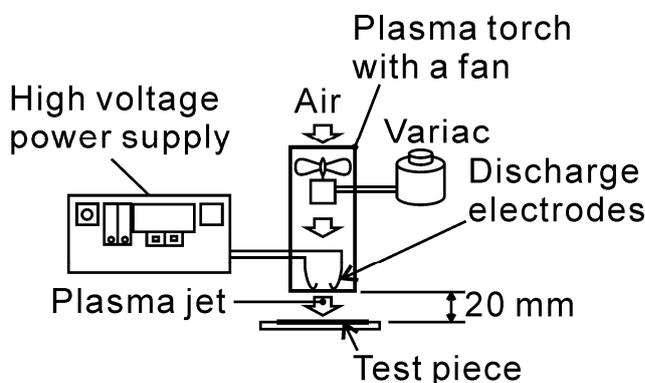


図1 殺菌試験装置の概略

Fig. 1 Schematics of experimental device for sterilization.

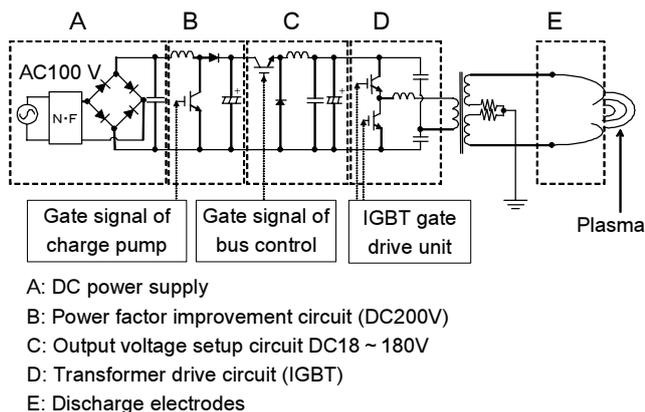


図2 非熱プラズマ発生装置の電子回路 (PSC1002, パール工業株)
 Fig. 2 Electric circuit of the nonthermal plasma generator (PSC1002, Pearl Kogyo, Co., Ltd.).

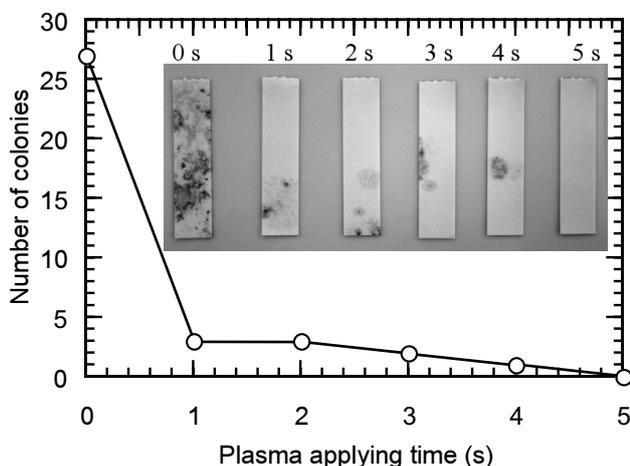


図3 大腸菌の殺菌試験結果
 Fig. 3 Sterilization of *Escherichia coli*.

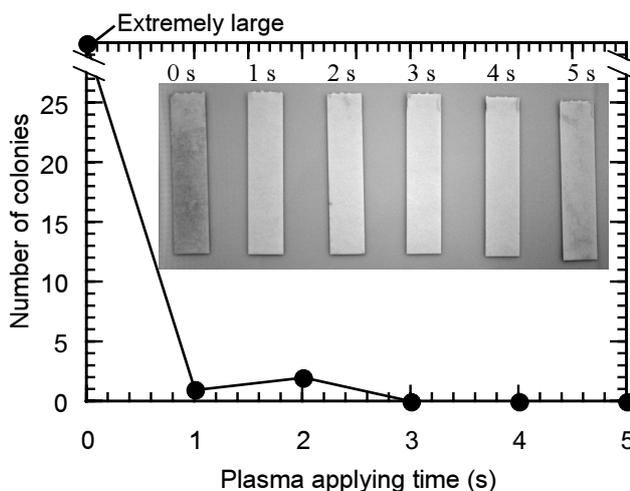


図4 酵母の殺菌試験結果
 Fig. 4 Sterilization of *Saccharomyces cerevisiae*.

試験紙を6枚浸し、試験片を作成する。各々の試験片に対し、1~5sの間プラズマ照射を行う。未処理と処理後の試験紙をインキュベータ内に37℃で15h放置し、菌を培養する。コロニーが形成されると試験紙が発色するため、発色部位数を数えて殺菌効果を評価することができる。

酵母(真菌, 出芽酵母: *Saccharomyces cerevisiae*)の殺菌試験には、一般細菌試験紙(SIBATA CODE8051-302, 柴田科学(株)製)を用いた。まず、ドライイースト6gと砂糖15gを蒸留水500mLに入れ30℃で60min間発酵させる。この液に試験紙を6枚浸し、試験片を作成する。各々の試験片に対し、1~5sの間プラズマ照射を行う。未処理と処理後の試験紙をインキュベータ内に37℃で24h放置し培養する。その後、大腸菌の場合と同様にコロニー形成による試験紙の発色部位数を数えて殺菌効果を評価する。

3. 試験結果と考察

図3に大腸菌に対する殺菌試験の結果を示す。コロニー数は、プラズマ照射していない試験片では27個であったが、1s間プラズマを照射した試験片では3個となり、88%以上のコロニーが消滅していることがわかる。また、プラズマを5s間照射するとコロニーは見られなくなった。

図4に酵母に対する結果を示す。コロニー数は、プラズマ照射していない試験片では極めて多数であり数えることができない。しかし、照射時間1sの試験片では、コロニー数は1個となり大部分のコロニーが消滅している。また、3s以上プラズマを照射するとコロニーは見られなくなった。

殺菌を引き起こす非熱プラズマの作用としては、医療用チューブ内の殺菌において非熱プラズマ中の各種活性種や紫外線の効果が予測されている³⁾。本試験においても類似の作用が存在すると考えられるが、これらの細胞膜や核酸への影響を評価し、殺菌の機構を明らかにしていく必要がある。

4. おわりに

大気圧空気コロナ放電により発生する非熱プラズマ噴流を対象に照射するという簡易な手法により、極めて短時間で大腸菌および酵母の菌数を減少させることができた。今後、本プラズマ殺菌装置の実用化を図ると共に、プラズマ装置の応用範囲を模索していく。

参考文献

- 1) 小林寛伊, 大久保憲, 尾家重治: 改訂消毒と滅菌のガイドライン, 9-14, へるす出版 (2005)
- 2) M. Okubo, M. Tahara, N. Saeki and T. Yamamoto: Thin Solid Films, (2008) in printing
- 3) T. Sato, T. Miyahara, A. Doi and S. Ochiai: Appl. Phys. Lett., **89** (2006) 073902