

ノート

コロナ放電による負イオンとオゾンの発生とその殺菌への応用

谷村 泰宏^{*,1}, 廣辻 淳二^{*}

(1998年6月9日受理)

Production of Negative Ions and Ozone by Corona Discharge and their Application to Sterilization

Yasuhiro TANIMURA^{*,1} and Junji HIROTSUJI^{*}

(Received June 9, 1998)

The production characteristics of negative air ions and ozone in needle-to-plane electrode with DC corona discharge and the sterilization effects of the combined gas on bacteria have been investigated experimentally. By controlling the applied voltage, the pulse repetition frequency, the pulse width and the wind velocity between the needle-to-plane electrode, the production rate of ozone was found to be regulated at a target value independently of the production rate of negative air ions. Furthermore the combined gas of negative air ions of 3.0×10^6 ions/cm³ and ozone of 0.03 ppm sterilized *Escherichia coli* on agar effectively, but the individual gas, i.e., negative air ions of 3.0×10^6 ions/cm³ or ozone of 0.03 ppm could not sterilize them.

1. はじめに

殺菌方法については種々の方法が提案されており¹⁻³⁾, また負イオンに関する研究も比較的古くから行われているが⁴⁻⁶⁾, 負イオンが微生物に及ぼす影響を調べた研究は少ない。著者らは負イオンの一つである O₂⁻ が有する増殖阻害特性に着目して, 負イオンを用いた殺菌技術の研究を行っている^{7,8)}。これまでに, 負イオンは微生物の増殖を抑制する静菌効果しか持たないが, 他の増殖抑制手段と併用すれば殺菌までできることを明らかにした⁹⁾。

そこで, 殺菌力の向上を目的として負イオンにオゾンを加えた新しい殺菌技術を着想し, 空気中で任意の濃度で負イオンとオゾンを同時に発生する技術の開発や, 発生した負イオンやオゾンによる殺菌技術の可能性を検討している。本稿では, 負イオンとオゾンの発生特性, および負イオンとオゾンによる殺菌特性について述べる。

2. 実験装置および方法

負イオン発生装置は, 針電極と金属接地電極からなるコロナ放電部(ギャップ長: 10 mm)と発生した負イオン量を

測定する測定部から構成し¹⁰⁾, 電源には直流パルス電源(出力パルスピーク電圧: -13 kV, パルス幅: 1~10 μs, パルス周波数: 0.01~1 kHz)を用いた。オゾン発生量は紫外線吸収式のオゾン濃度計(荏原実業: EG-2001F, 精度 ±0.001 ppm)により測定した。実験は原則として温度 20±2°C, 湿度 30±10%で実施し, 負イオンおよびオゾンの発生特性を調べた。

細菌に対する基礎実験は, 負イオン+オゾン発生装置を取り付けた気密性のチャンバー(容積約 12 L, アクリル樹脂製)を用いて実施した⁹⁾。実験期間中, 負イオン濃度およびオゾン濃度を一定に制御し, 大腸菌 *Escherichia coli* K12 (IFO 3301) を塗布した培地に対して, 温度 20°C, 湿度約 90%で 5 h 連続処理した。

3. 実験結果

3.1 負イオンとオゾンの発生特性

図1に負イオンおよびオゾン発生量と印加電圧の関係を示す。なお, パルス幅は 10 μs, 電極間風速は 4.1 m/s である。50 Hz の場合を除き, 周波数が高くなるにつれて負イオン発生量に対する印加電圧の影響は小さくなった。200 Hz 以上では -8 kV 印加時の負イオン発生量は約 5×10^{10} ions/s で同等で一定化し, 印加電圧が高くなるとパルス周波数の影響が小さくなった。一方, オゾン発生量は印加電圧が高くなるにつれて, また, パルス周波数が増加するにつれて一次関数的に増加した。

キーワード: 負イオン, オゾン, コロナ放電, 微生物, 殺菌

* 三菱電機株式会社先端技術総合研究所 (661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1)
Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corp., 1-1, Tsukaguchi-Honmachi 8-Chome, Amagasaki, Hyogo 661-8661, Japan

¹ tanimura@ene.crl.melco.co.jp

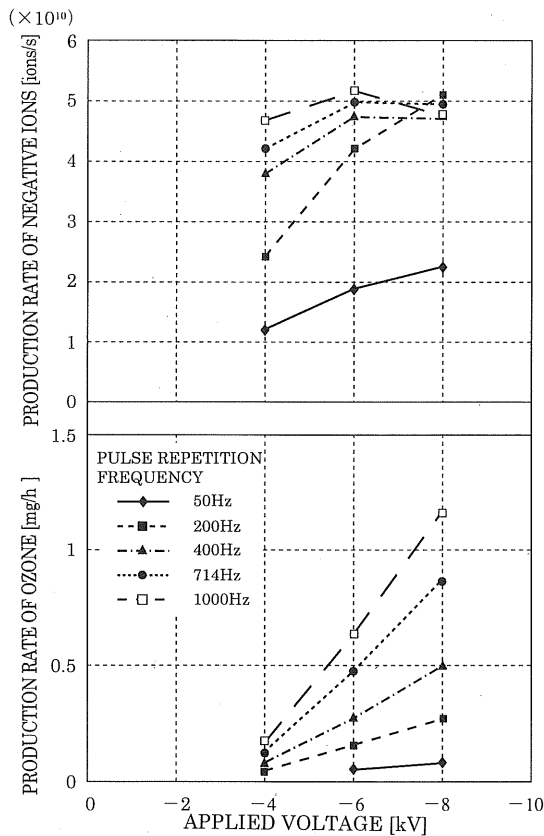


図 1 負イオンおよびオゾン発生に及ぼす印加電圧およびパルス周波数の影響

Fig. 1 Effect of applied voltage and pulse repetition frequency on production rate of negative ions and ozone.

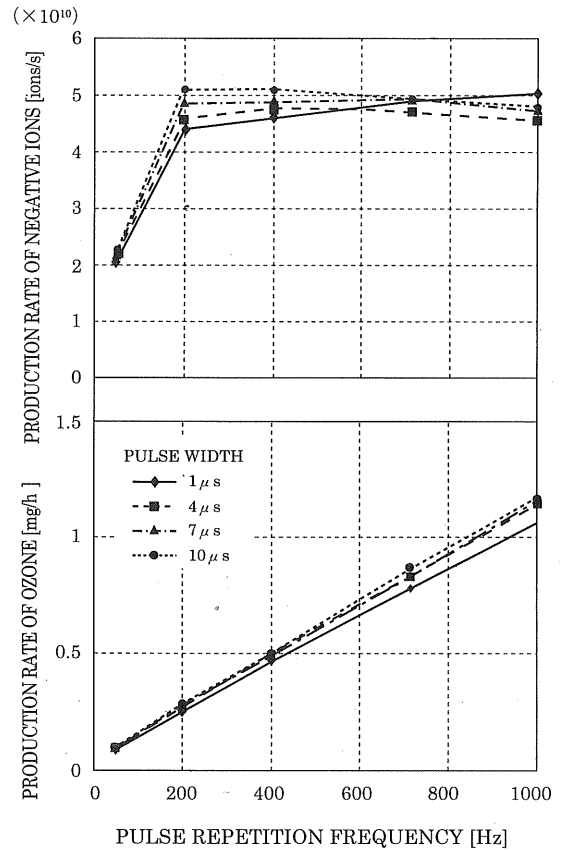


図 2 負イオンおよびオゾン発生に及ぼすパルス周波数およびパルス幅の影響

Fig. 2 Effect of pulse repetition frequency and pulse width on production rate of negative ions and ozone.

図 2 に負イオンおよびオゾン発生量とパルス周波数の関係をパルス幅をパラメータとして示す。なお、印加電圧は -8 kV、電極間風速は 4.1 m/s である。パルス周波数が増大すると負イオン発生量は飽和する傾向を示した。すなわち、パルス周波数が 200 Hz 以上になるとパルス幅に関係なく、負イオン発生量は約 5×10^{10} ions/s となった。一方、オゾン発生量はパルス周波数が高くなるにつれて一次関数的に増加し、パルス幅が長くなるほどオゾン発生量は微小ではあるが増加傾向であった。

図 3 に電極間風速をパラメータとして、印加電圧と負イオン発生量の関係を示す。なお、パルス周波数は 400 Hz、パルス幅は $10 \mu\text{s}$ である。電極間風速 0.7 m/s の場合、印加電圧が高いほど負イオン発生量が減少する傾向であった。また、電極間風速が速いほど負イオン発生量の増加傾向が大きくなった、これは、電極間風速が遅くなるほど、高印加電圧では電極間の電界が大きくなり、接地電極に引き込まれる負イオンが増大するためと考えられる。

以上の結果から、印加電圧、パルス周波数、パルス幅、および電極間風速を制御することにより、負イオンの発生量を維持しながら、オゾン発生量を調節できることがわかった。

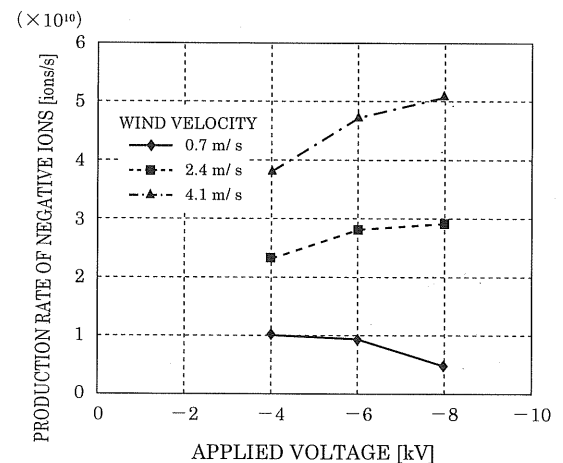


図 3 負イオン発生に及ぼす印加電圧および風速の影響

Fig. 3 Effect of applied voltage and wind velocity on production rate of negative ions.

3.2 負イオンとオゾンによる殺菌特性

図 4 に共存するオゾン濃度が 0.03 ppm の場合の負イオン濃度と生存率の関係を示す。負イオン濃度が 10^8 ions/cm³ 以下では生存率は 90% 程度であったが、負イオン濃度の増加に伴い生存率は低下し、 3×10^6 ions/cm³ の負イオン

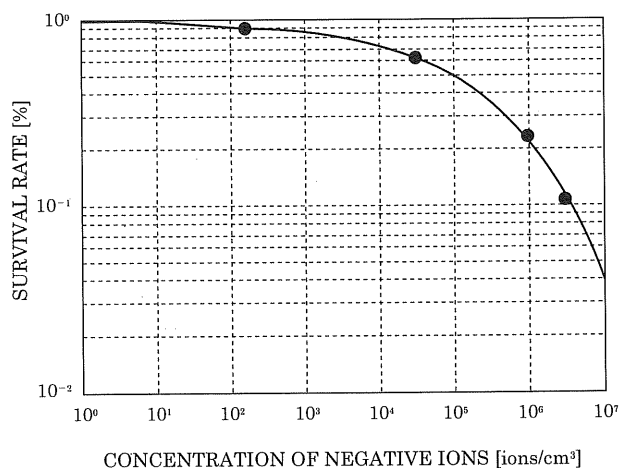


図4 負イオン濃度と生存率の関係 (オゾン濃度：0.03 ppm)

Fig. 4 Relationship between concentration of negative ions and survival rate.

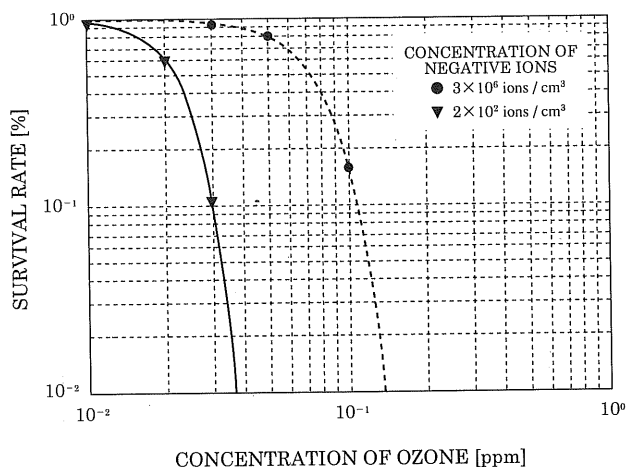


図5 オゾン濃度と生存率の関係 (負イオン濃度：3 × 10⁶ ions/cm³, 2 × 10² ions/cm³)

Fig. 5 Relationship between concentration of ozone and survival rate.

濃度で約10%まで生存率は低下した。図5は負イオン濃度が 3×10^6 ions/cm³ および 2×10^2 ions/cm³ の場合のオゾン濃度と生存率の関係である。負イオンが 3×10^6 ions/cm³ の場合、オゾン濃度が検出限界の0.01 ppmで生存率は約95%であったが、オゾン濃度の増加に伴い殺菌率は増加し、オゾン濃度0.03 ppmで生存率は約10%まで低下した。一方、負イオン濃度が 2×10^2 ions/cm³ (大気濃度レベル) の場合、0.03 ppmのオゾン濃度では約90%が生存し、0.1 ppmのオゾン濃度でも約15%の生存率であった。

以上の結果から、負イオンとオゾンとを混合することにより殺菌率を増大させることができ、大腸菌の場合 10^6 ions/cm³ の負イオンと0.03 ppmのオゾンとを混合する条件が適切であることが明らかになった。

4. まとめ

直流パルス電源を利用し、針電極と金属接地電極のギャップ長を10 mmとしたDCコロナ放電による負イオン+オゾン発生装置を試作し、その負イオンやオゾンの発生特性や、負イオンとオゾンによる殺菌特性を調べた。その結果、次のことが明らかになった。

(1) 印加電圧、パルス周波数、パルス幅、および電極間風速を制御することにより、負イオンの発生量を維持しながら、付加するオゾン量を調節できる。

(2) 負イオン濃度を 10^6 ions/cm³ とし、オゾン濃度を0.03 ppmにすることにより、それぞれを単独で処理する場合と比べて殺菌効果を増大できる。

参考文献

- 1) 内藤茂三：日食工誌, **37** (1989) 878
- 2) H. Mitsuda, H. Ominami and A. Yamamoto : Proc. Jpn. Acad., **66** (1990) 68
- 3) 平敷 勇：農化, **72** (1998) 125
- 4) K.T. Whitby : Rev. Sci. Inst., **32** (1961) 1351
- 5) 三浦豊彦：労働科学, **41** (1965) 269
- 6) 羽生広道, 関山哲雄：電力中研生物研究所研究報告, **485004** (1985) 19
- 7) 谷村泰宏, 中津川直樹, 池田 彰, 田中正明：静電気学会講演論文集 '93, p. 211, 静電気学会 (1993)
- 8) 谷村泰宏：冷凍, **71** (1996) 55
- 9) 谷村泰宏, 中津川直樹, 太田幸治, 広辻淳二：防菌防黴, **25** (1997) 1
- 10) 太田幸治, 谷村泰宏, 中津川直樹, 池田 彰：静電気学会誌, **20** (1996) 42