

Title	多針一平板電極系を用いたバリア放電とオゾン生成
Author(s)	上野, 秀樹; 川原, 慎太郎; 桑田, 健司 他
Citation	電気材料技術雑誌. 2008, 17, p. 21-27
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/76846
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

多針—平板電極系を用いたバリア放電とオゾン生成

上野秀樹、川原慎太郎、桑田健司、中山博史

兵庫県立大学大学院工学研究科電気系工学専攻 〒671-2280 姫路市書写 2167

Barrier Disacharge and Ozone Generation Utilizing Multi-Point and Plane Configuration

Hideki UENO, Shintaro KAWAHARA, Takeshi KUWADA, Hiroshi NAKAYAMA

Department of Electrical Enginering and Computer Sciences, University of Hyogo

2167 Shosha, Himeji 671-2280, Japan

Relationship between barrier discharge characteristics and ozone generation under ac voltage application has been investigated for triple needles-plane configuration with two different needle-tip radii (r=15, 80µm) in dry air. Characteristics of barrier discharge and ozone generation depend on the needle-tip radius. Especially, ozone concentration and ozone generation efficiency for the triple needles with $r=80\mu$ m were higher than those for the needles with $r=15\mu$ m. These results can be interpreted by the effect of the space charges and accumulated charges induced by corona discharge and barrier discharge on the space for ozone generation.

キーワード:オゾン,バリア放電,コロナ放電,沿面放電,空間電荷

1. はじめに

オゾンは酸化力・殺菌力・消臭力に優れるとともに,自 然分解で酸素に戻り,二次汚染のない性質を持つ。それゆ え,水処理や空気清浄機など,工業用から家庭用まで幅広 く利用されている。オゾンの生成は,放電,紫外線照射, 電気分解などにより可能であるが,効率面から無声放電や 沿面放電などのバリア放電方式がオゾナイザに広く採用さ れている。しかし,オゾン生成効率は,放電方式において も,化学反応式による理論値に比べて実際の効率は低い。

このため、オゾナイザにおけるオゾン生成効率向上を図 るための研究が盛んに行われている。その例として、放電 の均一化を図った体積オゾナイザ法⁽¹⁾や、放電管内にバリア 放電と沿面放電を組み合わせて発生させる放電重畳法⁽²⁾⁽³⁾、 放電部に紫外線を照射する方法⁽⁴⁾などが挙げられる。また、 針-平板電極によるコロナ放電を用いたオゾン生成、多針 電極を利用した装置の研究なども行われており⁽⁵⁾⁽⁶⁾、多針 -平板電極系の放電特性とオゾン生成の関連性を解明する ことは重要である。特に、この多針-平板電極においては、 針の密度がオゾンの生成に関与する放電の発生点や放電空 間等に影響すると考えられる。しかし、オゾン濃度が針の 本数に比例しないという報告例⁽⁸⁾があるものの、それぞれ の針の間隔や針先端の曲率などの影響に関する検討例は少 なく、詳細は明らかになっていない。

上記背景に対して, 我々は2針あるいは3針構成の多針 ー平板電極系におけるバリア放電やオゾン生成特性を調べ てきた。その結果, 両端2針から反発して伸びる放電や中 央部での放電の抑制, オゾン生成効率の針先端間隔依存性 などに特徴的な現象を見出した⁽⁷⁾⁻⁽¹⁰⁾。そこで、本研究では、 特徴的な挙動が得られている3針-平板電極を用いて乾燥 空気中における放電の様子などの放電特性やオゾン生成に 及ぼす針先端の曲率の影響について検討した。

2. 実験方法

本研究で用いた電極構成を図1に示す。針電極には直径 1.05mmの針を用い、針先端間隔を針直径よりも短く設定で きるように、両端の針を10°傾けて支持した。なお、3つ の針は接続されており同電位である。針の先端曲率半径は 15µm と 80µmの2種類のものを用いた。電極端に丸みを付 けた黄銅製の平板電極(直径 34mm 厚さ 7mm)の上に、厚 さw=0.15mm、大きさ40×50mm²の硼硅酸ガラス(体積抵 抗率 $\rho=10^{12}\Omega \cdot m$ 、比誘電率 $\epsilon_r=7$)製バリアを配置した。各 針の先端からガラスバリアまでの距離をギャップ長 g=3.0mm 一定とした。3 針の針先端間隔を dとして d=1.0~7.0mmの範囲で変化させた。なお、比較として、両端 の2つの針を取り除いた単針構成についても調べた。上述 の電極系をアクリル容器内に設置し、乾燥空気を容器内に 導入し流通させた。

図2に実験回路を示す。容器に取り付けた端子を介して 交流電圧(60Hz)を印加した。電圧波形は放電部に並列に接続 したコンデンサ分圧器を,電流波形は検出抵抗(1kΩ)に並列 に接続したハイパスフィルタ(遮断周波数1kHz)を介して, デジタルオシロスコープ(DL-1540, 200MHz,横河電機㈱) で観測した。印加電圧を徐々に上昇し,印加電圧のピーク 付近で放電によるパルス電流が最初に観測された瞬間を放 電開始とし,そのときの電圧値(ピーク値)を放電開始電圧と

電気材料技術雑誌 第17巻第1号 J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.17, No.1 2008

した。この放電開始電圧をもとにオゾン生成時の印加電圧 を設定した。また,消費電力は,ハイパスフィルタと検出 抵抗を *R-C* 積分回路(*R*=150kΩ, *C*=0.157µF)に取替えて,*V-Q* Lissajous 法にて測定した。放電の静止像は,一眼レフカメ ラ (EOS D30, Canon㈱)を用いて撮影した。生成オゾン濃 度は,実験容器内に 300ml/min の乾燥空気を流し,容器出口 に設置したオゾンモニター (EG-2001 NL30 型, 荏原実業㈱) により測定した。

なお,真空の誘電率を ε_0 ,誘電体の比誘電率を ε_r ,誘電体 の体積抵抗率を ρ とすれば誘電体の表面堆積電荷減衰の時 定数は $\varepsilon_r \varepsilon_0 \rho$ と表される。これから求まる硼硅酸ガラスの電 位減衰の時定数は約1分であり、この影響を避けるため、1 分以上の間隔をおいて放電開始電圧の測定行った。その他 の実験の結果にはバリア上の堆積電荷の影響が含まれる。

3. 実験結果

3・1 オゾン生成特性

まず、本電極系におけるオゾン生成特性について調べて 結果について述べる。図3に生成オゾン濃度の印加電圧依 存性を示す。図 3(a)に示した針先端曲率半径 r=15µm の場合 では、単針、d=1.0, 3.0, 7.0mm いずれにおいても印加電圧 の上昇とともに生成オゾン濃度は上昇するが、印加電圧 V=6.0kV 付近から生成オゾン濃度は飽和傾向を示し始めて いる。このときの生成オゾン濃度は単針構成で約 7ppm, d=1.0mm で約 18ppm, d=7.0mm で約 26ppm である。一方, 針先端曲率半径 r=80µm では, r=15µm の場合と同様印加電 圧の上昇に対してオゾン濃度は上昇し、その後飽和傾向を 示すが, r=15µm の場合ほど顕著ではない。また、印加電 圧 V=6.0kV における生成オゾン濃度は、単針構成で約 18ppm, d=1.0mm で約 20ppm, d=7.0mm で約 38ppm である。 生成オゾン濃度を r=15μm の場合と同一印加電圧 V=6.0kV で比較すると,先端曲率半径 r=80μm のほうが, r=15μm の 場合に比べて1.5~2倍高くなる結果が得られた。

図4に各条件における印加電圧と消費電力の関係を示した。単針, *d*=1.0, 3.0, 7.0mm のいずれの場合においても,同じ印加電圧では針先端曲率半径が *r*=15μm のほうが *r*=80μm よりも電力消費は大きくなっている。

例えば、印加電圧 V=6.0kV について比較してみると、単 針の場合、r=15μm では P=92.6mW に対して r=80μm では





Fig.2 Diagram of experimental circuit

P=58.9mW で約 1.6 倍, *d*=1.0mm の場合, *r*=15µm では P=91.4mW, *r*=80µm で 35.8mW と約 2.6 倍, *d*=3.0mm の場 合, *r*=15µm で 148.8mW, *r*=80µm で 75.4mW と約 2.0 倍, *d*=7.0mm の場合, *r*=15µm で 229.7mW, *r*=80µm で 134.6mW と約 1.7 倍となっており, *r*=15µm のほうが *r*=80µm の場合 に比べて消費電力は大きい。また,針先端間隔が広くなる にしたがい,その針先端曲率半径の変化による消費電力の 増加の割合が小さくなっているものと見られる。

以上の生成オゾン濃度および消費電力の印加電圧依存 性から,消費電力を基準として生成オゾン濃度を比較する。 針先端曲率半径 r=15µm の場合と r=80µm の場合における, 消費電力と生成オゾン濃度の関係を図 5(a)および図 5(b)に 示した。図 5(a)の r=15µm の場合,針先端間隔 d が広くな るにしたがいより大きな消費電力まで生成オゾン濃度は上昇 を示している。すなわち、針先端間隔 d が広くなるほど生 成オゾン濃度は飽和しにくい結果となった。しかしながら, 飽和する生成オゾン濃度自体は d=1.0mm で約 20ppm, d=3.0mm で約 22ppm, d=7.0mm で約 26ppm でありあまり変 化しておらず,針先端間隔 d が狭い方がオゾン生成効率は 良いものと思われる。一方,図 5(b)の r=80µm の場合, r=15µm の場合と同様に、針先端間隔 d が広いほどより大きな消費 電力まで生成オゾン濃度は上昇し続ける。さらに,飽和す る生成オゾン濃度も d=1.0mm で約 25ppm, d=3.0mm で約 36ppm, d=7.0mm で約 51ppm と上昇し, r=15µm の場合とは





異なる結果となった。

次に, 針先端曲率半径 *r*=15μm と *r*=80μm の場合の生成オ ゾン濃度を同じ消費電力で比較する。例えば, 消費電力 *P*=80mW で比較してみると, *r*=80μm におけるオゾン濃度は *r*=15μm におけるオゾン濃度に比べて, 単針の場合で約 2.5 倍, *d*=1.0mm の場合で約 1.4 倍, *d*=3.0mm の場合で約 2.1 倍, *d*=7.0mm の場合では約 2.2 倍であり, *r*=80μm のほうがオゾ ン濃度は高くなっている。このことは, 針先端曲率半径 *r*=15μm の場合に比べて *r*=80μm のほうが, オゾン生成効率 が高いことを示唆している。

以上の結果をもとに、針先端曲率半径 r=15µm と r=80µm におけるオゾン生成効率を針先端間隔および印加電圧をパ ラメータとして表1にまとめた。まず, 電極構成(単針, 針先端間隔)に着目してみると、先端曲率半径 r=15µm, r=80µm いずれの場合においても、針先端間隔の狭い条件で ある d=1.0mm におけるオゾン生成効率が他の条件に比べて 高くなっていることがわかる。この結果は、これまでに報 告している2針あるいは3針-平板電極系の結果と同じで ある⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾。次に, r=15µm のオゾン生成効率(η₁₅)と r=80µm のオゾン生成効率(η₈₀)を比較すると、いずれの針先端間隔、 印加電圧の条件においても, r=15µm のオゾン生成効率(η15) よりも r=80µm のオゾン生成効率(ŋ80)のほうが高くなってい る。また、オゾン生成効率の比率 η₈₀/ η₁₅ も表 1 に示してい るが, その値は V=4.8kV の d=1.0mm で 1.4 と調べた条件の 中では最も小さく、V=6.0kVの単針で2.9と最も大きいが、 それ以外の条件では1.8~2.4となっており、r=80µmのオゾ ン生成効率は r=15µm の場合に比べて, 概ね2倍となってい る。



Fig.4 Relationship between applied voltage and power consumption

論文:多針—平板電極系を用いたバリア放電とオゾン生成

3.2 バリア放電特性

前節で述べたように、本研究における多針-平板電極系 のオゾン生成特性は、針電極の先端曲率半径 r や針先端間 隔 d などの影響を受けることがわかった。この原因を明らか にするため、本電極系におけるバリア放電の形態や放電電流 などの特性について調べた。

まず,バリア放電の形態ついて検討を行った。針先端曲 率半径 r=15µm と r=80µm における放電を一眼レフカメラに より撮影した。なお,露光時間はいずれの場合も1秒であ る。静止像の白い点線はバリアの位置を示している。

印加電圧 *V*=4.8kV 一定としたときの *r*=15µm と *r*=80µm に おける,単針,針先端間隔 *d*=1.0, 3.0, 7.0mm の放電の様子を 図 6 に示している。単針の場合, *r*=15µm は針先の放電が強 く,気中部分では比較的均一な発光の放電がみられ,バリ ア表面に達し沿面方向に拡がっている。一方,*r*=80µm では





Table 1 Summary of ozone generation efficiency for various conditions

	Single needle			<i>d</i> =1.0mm			<i>d</i> =3.0mm			<i>d</i> =7.0mm		
Applied voltage	Efficiency (mg/Wh)		ratio	Effici (mg/	iency Wh)	ratio	Efficiency (mg/Wh)		ratio	Efficiency (mg/Wh)		ratio
(kV)	<i>1</i> 7 15	17 80	η 80/ η 15	17 15	17 80	17 80/ 17 15	77 15	17 80	η 80/η 15	77 15	<i>1</i> 7 80	77 80/ 77 15
4.8	3.9	6.9	1.8	10.3	14.5	1.4	6.8	12.5	1.8	5.0	11.4	2.3
5.6	3.8	8.8	2.3	10.0	17.7	1.8	6.8	15.6	2.3	5.0	11.0	2.2
6.0	3.6	10.3	2.9	8.2	19.9	2.4	6.0	13.7	2.3	4.4	10.2	2.3

電気材料技術雑誌 第17巻第1号

J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.17, No.1 2008



Fig.7 Discharge imaged for multi-needles barrier discharge (g=3.0mm, V=6.0kV)

針先にやや強い発光の放電が見られ、放電はバリアに向か い 1~2mm 伸びているが、バリア表面付近の気中部分では 放電発光が非常に弱くなっている。しかし、 バリア表面では 沿面放電の発光が観測されている。また、この針先付近の水 平方向への放電の拡がりを比較すると, r=15μm は 0.5mm 程度, r=80µm で 1mm 程度と r=80µm のほうが水平方向の拡 がりが大きい。また, d=1.0mm のとき, r=15µm は両端の針 からの放電に拡がりが見られ,バリア表面に達しているが, r=80µmの場合は針先と針先から下に1mm程度伸びた放電, 針電極の下のバリア表面の放電のみで気中部分の放電の発 光はほとんど見られない。d=3.0mmのときも r=15µmのとき は針先から気中、バリア表面の沿面部の放電がはっきりと 見られるのに対し、r=80µm では針先近傍とバリア表面の放 電の発光が見られるものの,それらは r=15µm の場合に比べ 弱くなっている。さらに、針先端間隔が広い d=7.0mm の場 合で, r=15µm, r=80µm 共にそれぞれの針からの放電の様子 が単針の場合と似ており、個々の針からの放電の様子は、 単針の場合とほぼ同様の結果が得られている。

印加電圧 V=6.0kV の場合についても調べた結果を図7に 示しているが、印加電圧を高くした V=6.0kV においても、 r=15µm では針先からバリアまでの放電がはっきりと見られ るのに対し、r=80µm でも針先からバリアまでの放電が見ら れるが、バリア表面に近い気中部分の発光が弱い。そして、 r=80µm の場合、バリア表面に見られている沿面放電は、 r=15µm の場合に比べると発光が弱く、領域は狭い。

以上のことより、針先端曲率半径を r=15µm から r=80µm へと大きくすると、印加電圧に関係なく、針先近傍の放電 とバリア表面の放電は強いが、バリア表面に近い気中部分 の放電は弱くなることが分かった。この様な針先端曲率半 径や針先端間隔によるオゾン生成特性の変化は、上述の放 電空間などの相違などが関係しているものと思われる。

次に, 針先端曲率半径 *r*=15µm と *r*=80µm について, 印加 電圧 *V*=6.0kV における放電電流波形を針先端間隔 *d* をパラ メータとして調べた結果を図 8 に示した。

まず、いずれの針先端曲率半径においてもオゾン生成効 率が最も高かった d=1.0mm の場合について放電電流を比較 する。まず、正の電圧印加時において電流パルスが最初に 発生するときの電圧は, r=15µm で1.6kV, r=80µm では5.4kV と差が見られる。放電電流パルスのピーク値は図からは読 み取れないが, r=15µm では約 5.5mA, r=80µm では約 6.0mA であり, r=80µm のほうが若干大きくなっている。放電電流 パルスの数は, r=15µm では10本以上であるのに対して, r=80µm では数本と r=15µm のほうが多い。また,正の印加 電圧上昇の初期に負の方向の電流パルスが r=15µm, r=80µm ともに見られ、そのピーク値は r=15µm の場合約 0.2mA, r=80µm で約1.5mA であり, r=80µm の場合のほうが大きい。 一方、負の電圧印加時においては、電流パルスが最初に発 生する印加電圧は, r=15µm で-2.4kV, r=80µm で-3.4kV であ り、1.0kVの差が見られた。また、正のときと同様に電圧上 昇の初期段階で逆極性の電流パルスが観測されたが、その 値は r=80µm で約 0.1mA, r=15µm では確認できなかった。 さらに、負の放電電流パルスのピーク値は r=15µm のとき約 0.2mA, r=80µm のとき約 0.4mA, r=80µm のほうが 2 倍大き い。また、放電電流パルス数は、負の場合いずれの先端曲 率半径においても多数の電流パルスが観測されるが、観測 される時間領域(電圧に対する位相範囲)から見て, r=15µm のほうがより多くの電流パルスが発生しているものと考え られる。

論文:多針—平板電極系を用いたバリア放電とオゾン生成





d=3.0, 7.0mm と針先端間隔が広くなるに従い, 正負の放 電電流パルスのピーク値およびの発生放電パルス数は増大 するが, 針先端曲率半径 r による違いについては, 針先端間 隔 d=1.0mm 場合と同様の結果が得られた。すなわち, 最初 に電流パルスが発生する印加電圧は, 正負極性ともに r=80µm のほうが高く, またその段階で逆極性電流パルスも 発生し, そのピーク値も r=80µm の場合の方が大きいもの となった。さらに, 同極性の放電電流パルスについて r=15µm と r=80µm の場合を比較したとき, 電流パルスのピーク値 は, r=80µm のほうが大きく, d=3.0, 7.0mm では 2~3 倍大 きくなった。一方, 発生電流パルス数は, 正負いずれの極 性においても r=15µm のほうが多い。

針先端曲率半径によるこれらの放電電流の違いが,放電 形態,消費電力などに影響を及ぼし,その結果としてオゾ ン生成特性にも差が生じたものと考えられる。

4. 検討

4.1 バリア放電特性

以上の実験結果から,まず3針-平板電極におけるバリ ア放電特性に及ぼす針先端曲率半径の影響について検討を 行う。

バリア放電特性,オゾン生成の検討を行うにあたり,ま ず静電界における電位分布,電界について検討を行った。 ギャップ長g=3mmにおいて単針-平板電極系での針先端電 界を回転双曲面法によって計算した針先の電界強度を比較 すると,r=15µmの場合が4.8×10⁷V/m,r=80µmの場合が2.0 ×10⁷V/m と見積もられ,r=15µmのほうが針先の電界は強 いことが分かる。なお、この計算においてはバリアの存在 は考慮されていない。次に、有限要素法による解析ソフト JMAG(日本総合研究所㈱)を用いて、バリアも含めた3次 元モデルにより電位分布を調べた。針先端の電位を1とし て規格化した針先端近傍の電位分布を図9に単針の場合と 比較して示した。針先端曲率半径 r=80µmの電位分布は r=15µmの場合と比べて、単針,d=1.0,3.0,7.0mmいずれ の場合も針先では緩やかになっている。また、針先端部分



から離れたところでは、r=15µmの電位分布の傾きは r=80µm の場合に比べて急速に緩やかになる。すなわち、先端曲率 半径 r が大きくなると、針先の電界は弱まることを示してい る。

つぎに、図6のバリア放電の様子について考える。針先 端曲率半径 r=15µm の針を用いた場合、d=1.0mm の中央の針 からの放電を除いて、針先からバリア表面までの発光が明 瞭に認められた。これに対して、r=80µm ではバリア表面に 近い気中部分での放電発光が弱くなった。同様の放電挙動 は、r=15µm、d=1.0mm における中央の針からの放電におい ても観測されている。これは、針先近傍の空間電荷やその 下のバリア表面の堆積電荷の影響で説明される⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

電気材料技術雑誌 第17巻第1号 J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.17, No.1 2008

r=80μm の気中部分の放電の発光が弱いことも、この空間 電荷・堆積電荷の影響が大きいためと考えられる。さらに、 r=80µm の場合では、正の空間電荷による電界緩和の影響が 大きく、正のストリーマが形成されにくいことが予測され る。先に述べた静電界での電界、電位分布から、r=15μmの 場合では、針先の電界は r=80µm に比べると強いが、針先 を離れるとすぐに電位分布が緩やかになっており,電離可能 な領域は狭いと考えられる。逆に, r=80µm の場合では針先 付近の電界は r=15µm に比べると弱いが, 針先からの電位の 変化は徐々に緩やかになっており、電離可能な領域は広い と考えられる。このことは、図6に示した針先近傍の放電 の拡がりが, r=15µm のときに比べて r=80µm の場合のほう が広くなっていることからも示唆される。また、このこと より, r=15µm に比べて r=80µm の場合, 正の空間電荷領域 も広く分布するものと考えられる。このため、電子なだれ が形成される部分の電界が緩和され、ストリーマが進展し 難くなる。r=15μm は電離領域が狭いため、この正の空間電 荷の電界緩和作用の影響を受け難くなり、ストリーマは進 展し易い。これらのことから、針先端曲率半径によって放 電の様子が異なったもの考えられる。

4・2 オゾン生成特性

オゾン生成効率の比較では,針先端曲率半径が大きい r=80µmのほうが生成効率は高くなった。このことについて 検討を行う。

オゾンの生成には酸素の解離プロセスが重要である。針 電極の場合、針先近傍の電界が高く、針先から離れるにし たがい電界は急速に弱まる。そのため、針先近傍に高いエ ネルギーを持った電子が多数存在し、これによって酸素の 解離反応が盛んに行われる(11)(13)。すなわち,針先近傍の放 電とその空間がオゾンの生成に対する影響が大きい。今回 得られた結果では、針先端曲率半径の大きい r=80µm の方が オゾン濃度は高くなった。この原因として、前節でも述べ た針先付近の放電の違いが関係しているものと考えられ る。針先端曲率半径が大きい r=80µm の場合, 針先端曲率半 径が小さい r=15μm の場合に比べて,針先近傍の放電領域が 広い。この放電領域がオゾン生成領域と関連している。す なわち,針先の放電領域が広い r=80µm の場合のほうが,オ ゾン生成空間が広く、電流波形からパルス電流の値が、 r=15µm よりも r=80µm のほうが大きいことからも, 酸素の 解離が盛んであり、オゾン濃度が高くなったと言える。ま た,消費電力について考えてみる。同一印加電圧における 放電の様子を比較すると,空間電荷やバリア表面での堆積 電荷の影響を受けて、バリア表面の沿面放電部やバリア表 面に近い気中部の放電は, r=15μm に比べ r=80μm の場合弱 い。このため、同じ印加電圧で消費電力を比較した場合、 r=80μmの針を用いたときの方が小さくなったものと考えら れる。これらの結果により,針先端曲率半径が大きい r=80μm のほうがオゾン生成効率が高くなったものと言える。

また、印加電圧が低い領域(V=4.8, 5.6kV)においては、

針先端間隔が狭い d=1.0mm の針先端曲率半径の変化によるオゾン生成効率の変化 η_{80}/η_{15} は他の条件に比べて小さな値となった。図5に示した生成オゾン濃度の消費電力依存性において、生成オゾン濃度を同じ消費電力で比較してみると、d=1.0mm においては、他の針先端間隔の場合(d=3.0, 7.0mm)に比べて、r=80µm とr=15µm の生成オゾン濃度の比が小さいことがわかる。また、放電の様子の比較すると、r=80µm の場合は、r=15µm の場合よりも両端の針からの放電の拡がりが狭い。これは、空間電荷や堆積電荷の影響が他の条件に比べて大きく、両端の放電の拡がる領域、すなわちオゾン生成領域が狭くなったため、酸素の解離が制限されたためと考えられる。

5. まとめ

3 針-平板電極系におけるバリア放電とオゾン生成に及 ぼす針先端曲率半径の影響について検討を行った。

針先端曲率半径 r=15µm と r=80µm について比較した結 果, 針先端曲率半径が小さい 15µm の場合よりも, 針先端曲 率半径が大きい 80µm の場合の方が, 生成オゾン濃度は高く なり, またオゾン生成効率も高くなった。これは, 針先端 曲率半径 r=80µm の場合, r=15µm の場合に比べて, 針先端 の放電領域, すなわちオゾン生成に関する空間が広く, ま た放電電流のピーク値も大きく, 酸素の解離反応, すなわ ちオゾン生成活発に行われている。一方, 空間電荷・堆積 電荷の影響により, r=15µm の場合よりも消費電力が抑えら れる。その結果として, 針先端曲率半径 r=80µm の方が生成 オゾン濃度およびオゾン生成効率は高くなった。また, 空 間電荷・堆積電荷の影響は, いずれの針先端曲率半径にお いても針先端間隔が狭い方が大きいことも明らかとなっ た。

参考文献

- (1) 前園一郎:「正ストリーマコロナ放電を応用した体積オゾナイ ザの特性」,電気学会論文誌, Vol.113-A, No.8, pp.567-571 (1993)
- (2) 岸田治夫・田村征史・江原由泰・伊藤泰郎:「オゾン生成における三相放電重畳法の効果」,電気学会論文誌, Vol.119-A, No.8/9,pp.1084-1089 (1999)
- (3) 岸田治夫・尾内弘樹・田村征史・江原由泰・伊藤泰郎:「放電 重畳法によるオゾン生成の高収率化」, 電気学会論文誌, Vol.117-A, No.11, pp.1103-1108 (1997)
- (4) 岸田治夫・石坂光識・田中 穣・江原由泰・伊藤泰郎:「放電によるオゾン生成に及ぼす紫外線の効果」, 電気学会論文誌, Vol.117-A, No.6, pp.585-590 (1997)
- (5) 増井典明・八島健・浜口拓也・村田雄司・谷辰夫:「針対平板 電極におけるコロナ放電とオゾン生成特性」,静電気学会誌, Vol.22, pp.98-101 (1998)
- (6) 金子一弥・中島規雄:「針対セラミックトランス電極を使用したオゾン発生器」,平成 16 年電気学会全国大会講演論文集, No.1-053, p.57 (2004)
- (7) 畑孝司・松井良介・上野秀樹・中山博史:「乾燥空気中での2 針ー平板電極のバリア放電とオゾン生成」,電気学会論文誌, Vol.124-C, No.11, pp.2228-2234 (2004)
- (8) H.Ueno, K.Hata and H.Nakayama : "Barrier Discharge Characteristics for The Multiple Needles-to-Plane Configuration", Proc. 15th Int.Conf. Gas Discharges and Their Applications, Vol.1,

— 26 —

論文:多針—平板電極系を用いたバリア放電とオゾン生成

pp.227-230 (2004)

- (9) H.Ueno, K.Hata and H.Nakayama : "Development of Repulsive Barrier Discharge from Twin Needles", Jpn.J.Appl.Phys., Vol.46(3A), pp.1142-1148 (2007)
- (10) 上野秀樹・川原慎太郎・中山博史:「複針-平板電極のバリア放 電とオゾン生成における針先端間隔の影響」,電気学会論文誌, Vol.128-A, No.11 (2008)印刷中
- (11) 電気学会放電ハンドブック出版委員会:放電ハンドブック上巻, pp.353-356,オーム社 (2003)
- (12) 村田隆昭・沖田裕二・飯島崇文:「堆積放電と共面放電のオゾン 発生特性」, 放電学会誌, Vol.49, No.2, pp.61-63 (2006)
- (13) 和田昇:「最大オゾン発生効率と電子電流比」,放電学会誌, Vol.49, No.2, pp.64-66 (2006)

(平成20年9月10日受理)



上 野 秀 樹 (会員) 昭和35年生まれ。昭和60年3月信州大学 大学院工学研究科修士課程,昭和63年3 月大阪大学大学院工学研究科博士後期 課程修了。同年4月住友電気工業㈱入 社。平成9年10月姫路工業大学工学部助 教授,平成14年4月大学院助教授,平成

16年4月兵庫県立大学大学院助教授,現在同准教授。平 成16~17年ドイツ・アーヘン工科大学高電圧技術研究所 研究員。主として,複合絶縁,沿面放電と応用に関する 研究に従事。工学博士。



川 原 慎太郎(非会員)

昭和58年6月4日生。平成18年3月姫路工 業大学電気工学科卒業。平成20年3月兵 庫県立大学大学院工学研究科博士前期 課程電気系工学専攻修了。同年4月富士 通テン株式会社入社,現在に至る。



桑田健司(非会員) 昭和60年1月11日生。平成19年3月姫路 工業大学電気工学科卒業。平成19年4 月兵庫県立大学大学院工学研究科博 士前期課程電気系工学専攻入学。現在 に至る。平成19年度電気関係学会関西 支部連合大会奨励賞。

中山博史(会員)

昭和18年生まれ。昭和40年3月姫路工 業大学電気工学科卒業。平成3年10月 同大学電気工学科教授,平成14年4月 同大学大学院教授,平成10年から2年 間同大学学生部長兼任。平成16年4月 兵庫県立大学大学院教授,平成20年4

月同大学名誉教授,特任教授。主として,気体および固 体誘電体の絶縁破壊に関する研究に従事。工学博士。