

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01304

研究課題名（和文）卓越したプラズマ可視化技術に基づく放電活性種の生成機構解明

研究課題名（英文）Elucidation of Generation Mechanism of Reactive Species Using State-of-Art Plasma Visualization Technology

研究代表者

稲田 優貴（Inada, Yuki）

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：00735532

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：球雷放電をはじめとした大気圧放電によって生成される活性種の応用技術は、環境・エネルギー・医療・農業を筆頭に、幅広い分野への応用が期待されている。しかし、その生成機構には未解明な部分が多い。この一因としては、大気圧放電の挙動が非常に難解であるために、活性種の生成源である電子の密度や電界、さらには生成結果である活性種が現状技術では測定できないことが挙げられる。そこで本研究では、球雷放電の電子密度・電界・活性種が測定できるセンサをそれぞれ開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大気圧放電の内部では、反応性に富んだ活性種が効率よく生成される。活性種の応用技術は、燃焼技術や環境汚染物質の浄化技術、特定疾患の選択的治療技術などに代表されるよう多岐にわたるが、適用が遅滞している事例も数多く存在する。これは、活性種の生成機構に未解明な部分が数多く存在することが一因として挙げられる。本研究で開発したセンサ群を駆使することで、活性種の生成機構解明や活性種応用技術の最適化・新規適用を達成することが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Reactive species generated in atmospheric-pressure discharges, including lightning discharges, are expected to be applied in a wide-ranging technology fields, such as the environment, energy, medicine, and agriculture. However, there are still many unresolved issues in their generation mechanisms. One of the reasons for this is that the behavior of the atmospheric-pressure discharges is extremely complex. This complexity imposes remarkable challenges in the measurement of the electron density, electric field, and reactive species. In order to overcome the difficulty, we developed diagnostic technologies that can measure the electron density, electric field, and reactive species in the lightning discharges.

研究分野：プラズマ応用

キーワード：活性種 大気圧プラズマ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

大気圧プラズマ内で生成される活性種の応用技術は、日々深刻化する環境・エネルギー・医療・食料問題の救世主と期待されるが、既存のプラズマでは大量生成が困難である。一方、申請者は近年、「球雷放電」と呼ばれる未知なるプラズマにおいて圧倒的な活性種生成能力を見出した。この新しいプラズマ現象が優れた活性種生成能力を示す理由を理解するためには、活性種の生成を司る電子密度・電界と、生成結果である活性種の密度が測定できるセンサを開発し、これらを駆逐することで、活性種の生成メカニズムを解明する必要がある。

### 2. 研究の目的

そこで本研究の目的は、活性種の生成を司る電子密度・電界と、生成結果である活性種の密度が測定できるセンサをそれぞれ開発することである。

### 3. 研究の方法

**電子密度センサ：**申請者が独自開発してきた電子密度センサであるシャックハルトマンセンサを適用するためには測定感度を改善する必要があったため、当該センサの高感度化を行った。

**電界センサ：**レーザーを放電内に入射すると、放電電界とレーザー電界により雰囲気ガスに3次非線形光学効果が誘起され第2高調波が発生する(E-FISH)。本研究では実測した第2高調波の強度から実測すべき電界分布を逆算する独自の解析手法を開発した。

**活性種密度センサ：**本研究では、球雷放電によって生成されるOHラジカルの数密度が測定できる紫外域吸収分光センサを開発した。

### 4. 研究成果

#### 電子密度センサ：

シャックハルトマンセンサでは、測定感度がレーザー波長の2乗に比例して高くなる。しかし従来型のシャックハルトマンセンサは可視光レーザーを使用していたため、測定感度が不十分であった。感度の改善には赤外レーザーを適用する必要があるが、受光デバイスとなる赤外カメラは感度が低く面積も狭いため、画像の鮮明度が悪い。そこで本研究では図1(a)に示すよう、BBO結晶での第2高調波発生により放電空間を模擬したシリンドリカルレンズ透過後の近赤外光を可視光に変換した。波長変換された光のレーザー波面勾配(=測定感度)は図1(b)のプロットで示されているよう、赤外レーザーの測定感度を示す実線上に載っており、測定感度が改善された赤外レーザーの波面勾配が波長変換の前後で保持されていることが分かる。これにより、可視域の高感度・大面積カメラを適用可能とし、当該電子密度測定センサの最大の強みであるシングルショットイメージング性能を犠牲にすることなく、高感度化を実現した。さらに、当該赤外レーザーとしてフェムト秒レーザーを採用することで、ナノ秒程度であった時間分解能を200フェムト秒へと改善した。

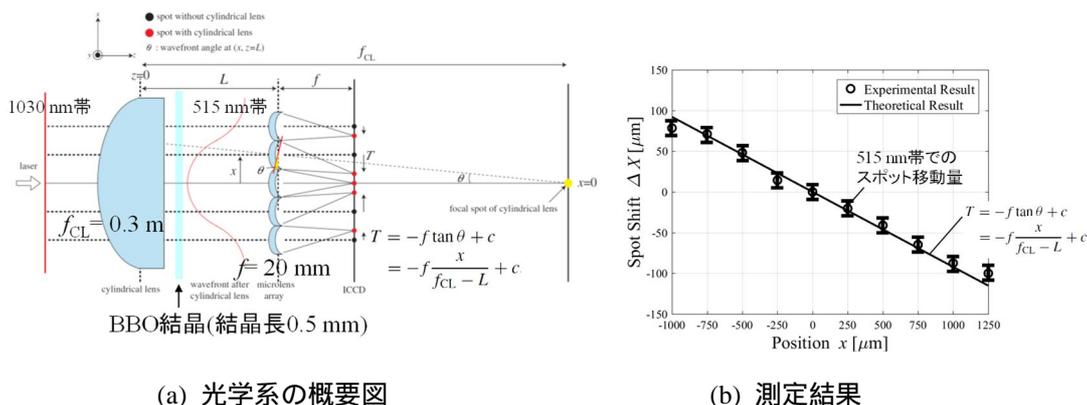


図1 電子密度センサの高感度化

#### 電界センサ：

E-FISHで発生する第2高調波の強度は、レーザー光路上の電界分布に依存する。しかし従来法ではこの点が考慮されておらず、電界の測定精度は不明であった。そこで本研究では、実測した第2高調波の強度から実測すべき電界分布を逆算する独自の解析手法を開発することで、世界で初めて測定精度を確定させ、放電電界の測定を可能とした。

本研究では、集光レンズにシリンドリカルレンズを採用し、第2高調波の横方向1次元分布を20 μm という高空間分解能で測定した。この横方向1次元分布は、式(1)で定式化される。測定精度は、実測された第2高調波の横方向分布に付随するエラーバーを評価することで、定量化した。

第2高調波の横(x)方向分布  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  を簡略化して示す。

$$P_{1D}^{(2\omega)}(x) \propto w_{0y}^{(\omega)} e^{-\frac{2x^2}{w_{0x}^{(\omega)2}}} \left| \int [E_{\text{ext}}(r)]_j \frac{e^{i\Delta k z}}{\sqrt{1+i\frac{z}{z_R}}} dz \right|^2 \quad (1)$$

$+z$  がレーザーの進行方向、 $y$  が縦方向、 $x$  が横方向である。シリンドリカルレンズで  $y$  方向にのみ集光を行った。 $w_{0y}^{(\omega)}$  は集光線の  $y$  方向半径、 $w_{0x}^{(\omega)}$  は集光線の  $x$  方向半径で  $z$  方向に一定である。 $z_R$  は  $z$  方向の集光長を示すレイリー長で、 $\Delta k$  はレーザー光と第2高調波の波数不整合である。 $r$  は  $y$  軸からの距離で、 $[E_{\text{ext}}(r)]_j$  は測定すべき放電電界の  $j$  方向成分である。光学系のアライメントが確定すれば、 $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  と  $[E_{\text{ext}}(r)]_j$  以外のパラメータは確定する。そのため、 $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  を測定し、その測定された  $x$  方向分布が再現できる  $[E_{\text{ext}}(r)]_j$  を式(1)で同定すれば良い。最後に、実測した  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  に重畳するエラーバー範囲を満たす  $[E_{\text{ext}}(r)]_j$  が測定精度ということになる。この一連の過程を反映したグラフを図2に示す。キャリブレーションを施し、 $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  と  $[E_{\text{ext}}(r)]_y$  はいずれも、Td の単位で示してあるが、灰色のプロットは実測した  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$ 、赤線は仮定した  $[E_{\text{ext}}(r)]_y$ 、黒線は式(1)に赤線の  $[E_{\text{ext}}(r)]_y$  を代入して算定した  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  である。実測した  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  と算定した  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  が良く整合しているため、仮定した  $[E_{\text{ext}}(r)]_y$  が求めるべき電界分布となる。同様にして、実測した  $P_{1D}^{(2\omega)}(x)$  のエラーバー範囲を満たす  $[E_{\text{ext}}(r)]_y$  を2本の赤点線で示す。これら2本の赤点線で示される範囲が測定精度である。本研究の測定精度は  $\pm 20\%$  以内であった。またこの一連の解析ではある意味、横(x)方向分布を径(r)方向分布に変換しているため、 $x$  方向の空間分解能は  $r$  方向でも踏襲されている。そのため、レーザー進行方向をも表す  $r$  方向の空間分解能は20 μm である。

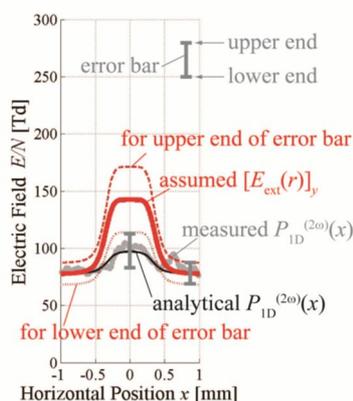


図2 E-FISHによる1次元電界分布の測定

活性種密度センサ：

球雷放電によって生成される活性種の中で、OHラジカルは最も酸化力が強い環境・エネルギー・医療・農業への適用が期待されている。しかし球雷放電においては、OHラジカルの密度が不均一に分布しており、さらにOHラジカルの存在範囲は100 mmにもなると想定される。そのため、本研究では広視野型の紫外吸収分光センサを開発した。具体的には、OHラジカルの吸収波長帯である310 nm近辺に発光強度を有するLEDのビーム直径を数10倍に拡大し、測定高さ与时刻を掃引することで、世界で初めてOHラジカル密度の3次元ダイナミクスを明らかにした(図3)。

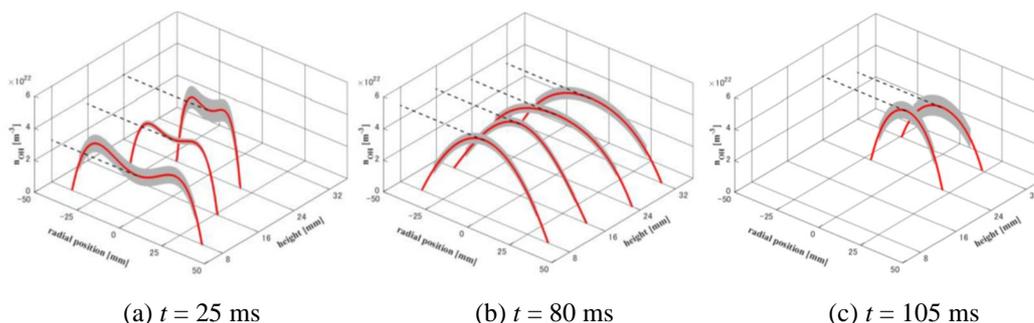


図3 OHラジカル密度の3次元ダイナミクス

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yuichi Hirano, Ryo Kikuchi, Haruki Ejiri, Akiko Kumada, Kunihiko Hidaka and Yuki Inada,	4. 巻 56
2. 論文標題 Dependence of Electron and Neutral Vapor Density Distributions on Anode Mode of High Current Vacuum Arc	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 435501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ace78a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takao Saiki, Keitaro Shimada, Ichiro Sakuma, Yuki Inada and Keiichi Nakagawa,	4. 巻 16
2. 論文標題 Single-shot ultrafast dual-view imaging of shock waves in parallel laser processing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 92004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/acfa62	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuki Inada, Yusuke Fukai, Naoki Takayasu, Yusuke Nakano, Shungo Zen, Wataru Ohnishi, Yasushi Yamano, Mitsuaki Maeyama and Naoto Kodama,	4. 巻 56
2. 論文標題 Spatiotemporal Evolution of Electrical Conductivity in Current-Limiting-Fuse Arc	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 505205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/acf9b2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuta Miyaoka, Mitsuaki Maeyama, Yasushi Yamano and Yuki Inada,	4. 巻 19
2. 論文標題 Internal State of Fuse Arc Differentiating Interruption Success and Failure in Fuse-Semiconductor DC Circuit Breaker	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Trans. Elec. Electron. Eng.	6. 最初と最後の頁 41-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23928	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuki Inada, Ryo Kikuchi, Yuichi Hirano, Yusuke Maede, Yasunori Tanaka, Yusuke Nakano, Masaya Shigeta, Takayasu Fujino, Akiko Kumada,	4. 巻 Special Issue
2. 論文標題 Spatial-Frequency-Resolved Schlieren Sensor for Turbulence Visualization in Arc Discharge	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plasma Chemistry and Plasma Processing	6. 最初と最後の頁 ISPC25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11090-023-10415-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keitaro Shimada, Ayumu Ishijima, Takao Saiki, Ichiro Sakuma, Yuki Inada, Keiichi Nakagawa,	4. 巻 3
2. 論文標題 Spectrum shuttle for producing spatially shapable GHz burst pulses	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 SPIE. Advanced Photonics Nexus	6. 最初と最後の頁 16002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.APN.3.1.016002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takao Saiki, Keitaro Shimada, Ayumu Ishijima, Hang Song, Xinyi Qi, Yuki Okamoto, Ayako Mizushima, Yoshio Mita, Takuya Hosobata, Masahiro Takeda, Shinya Morita, Kosuke Kushibiki, Shinobu Ozaki, Kentaro Motoshima, Yutaka Yamagata, Akira Tsukamoto, Fumihiko Kannari, Ichiro Sakuma, Yuki Inada and Keiichi Nakagawa,	4. 巻 9
2. 論文標題 Single-shot optical imaging with spectrum circuit bridging timescales in high-speed photography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eadj8608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.adj8608	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Inada, T. Shioda, R. Nakamura, M. Maeyama, A. Kumada, S. Nakamura, Ryo Ono,	4. 巻 55
2. 論文標題 Systematic 1D Electric Field Induced Second Harmonic Measurement on Primary-to-Secondary Transition Phase of Positive Streamer Discharge in Atmospheric-Pressure Air	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Phys. D: Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 385201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ac7b54	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 W. Ohnishi, Y. Inada, S. Zen, R. Sasaki, Y. Takada, Y. Miyaoka, K. Tsukamoto, Y. Yamano,	4. 巻 38
2. 論文標題 Proof-of-Concept of a Fuse-Semiconductor Hybrid Circuit Breaker with a Fast Fuse Exchanger	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Power Deliv.	6. 最初と最後の頁 937-946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPWRD.2022.3202821	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Tsukamoto, Y. Yamano, Y. Inada, A. Matsumoto, N. Hashimoto,	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of the Bulk Density of Arc-extinguishing Sand on Fuse Arc Extinction Characteristics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.	6. 最初と最後の頁 386-393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23734	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 前出裕亮, 平野雄一, Lin Yandi, 佐藤正寛, 熊田亜紀子, 日高邦彦, 稲田優貴,	4. 巻 142
2. 論文標題 大電流真空アーク中のアノードスポットモードタイプ2とブルームモードの継続時間	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌A	6. 最初と最後の頁 366-367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.142.366	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Shimada, Y. Inada, A. Ishijima, K. Nakagawa,	4. 巻 33
2. 論文標題 Optical design of a laser wavefront sensor applicable under strong diffraction effects by irreproducible microscale high-density plasma	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Meas. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 55403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6501/ac5281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計55件(うち招待講演 12件/うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Yuki Inada
2. 発表標題 Spatial-Frequency-Resolved Schlieren Method for Structure Measurement of Plasma-Induced Turbulence
3. 学会等名 the 25th International Symposium on Plasma Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masaya Shigeta, Yuki Inada, Yasunori Tanaka,
2. 発表標題 Two-Dimensional Axisymmetric Simulation of Arc-Plasma-Induced Turbulence of SF6 and Air Flows in a Converging-Diverging Cylinder
3. 学会等名 the 25th International Symposium on Plasma Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keitaro Shimada, Yuki Inada, Ayumu Ishijima, Keiichi Nakagawa,
2. 発表標題 Accurate measurement of a two-dimensional line-integrated electron density distribution in irreproducible microscale high-density plasmas
3. 学会等名 The 4th University of Toronto, McMaster University and the University of Tokyo (UT2-MAC) Student Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keitaro Shimada, Yuki Inada, Ayumu Ishijima, Keiichi Nakagawa,
2. 発表標題 Two-dimensional electron density measurement of ultrafast laser ablation plume with Shack Hartmann sensor
3. 学会等名 The 24th International Symposium on Laser Precision Microfabrication (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shigeki Yashita, Hiroaki Katagiri, Tomoya Kitamura, Yuki Inada, Yutaka Kazoe, Takahiro Nozaki,
2. 発表標題 Angle Control Using Corona Discharge Considering Voltage Range Limitations
3. 学会等名 the 32nd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akiko Kumada and Yuki Inada,
2. 発表標題 Optical Diagnostics of Electrical Discharge and Insulation in Vacuum
3. 学会等名 The 30th International Symposium on Discharge and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryoto Itoh, Keito Kunimori, Yasushi Yamano, Akira Daibo, Naoki Asari, Yoshimitsu Niwa, Yo Sasaki, Yuki Inada,
2. 発表標題 Optical Emission Spectroscopy for Plasma Parameter Characterization of Vacuum Arc Cathode Spot
3. 学会等名 The 30th International Symposium on Discharge and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Shimada, T. Saiki, Y. Inada and K. Nakagawa,
2. 発表標題 Ultrafast single-shot imaging of plasma produced by two ultrashort pulses focused at different angles and times
3. 学会等名 11th International Workshop on Warm Dense Matter 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuki Inada,
2. 発表標題 Spatial-Frequency-Resolved Schlieren Method for Turbulence Visualization in Gas Circuit Breaker
3. 学会等名 Mongolia-Japan joint seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuki Inada,
2. 発表標題 1D distribution measurement of electric field in streamer discharge by EFISH
3. 学会等名 20th International Symposium on Laser-Aided Plasma Diagnostics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Hirano, Y. Inada, R. Kikuchi, A. Kumada, K. Hidaka, F. Demura, Y. Demura, Y. Nakano, Y. Tanaka, and M. Shigeta,
2. 発表標題 High-Speed Sequential Visualization of Arc-Induced Turbulent-like Flow under Air- or SF6-Blasted Steady State Arcs
3. 学会等名 the 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 M. Shigeta, Y.Tanaka and Y. Inada,
2. 発表標題 COMPUTATIONAL INVESTIGATION OF TURBULENCE GENERATION BY SF6 ARC PLASMA IN A MODEL CIRCUIT BREAKER
3. 学会等名 the 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Fujino, K. Ino, Y. Tanaka, Y. Inada, M. Shigeta and A. Kumada,
2. 発表標題 TIME-DEPENDENT AND THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF CARBON-DIOXIDE GAS-BLASTED ARCS IN A NOZZLE
3. 学会等名 the 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shigeki Yashita, Hiroaki Katagiri, Tomoya Kitamura, Kazuki Yane, Yuki Inada, Yutaka Kazoe, Koji Fukagata, Takahiro Nozaki,
2. 発表標題 Attitude Control Method Based on Differential Mode Voltage Considering Start Voltage of Corona Discharge
3. 学会等名 the 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroaki Katagiri, Shigeki Yashita, Tomoya Kitamura, Yuki Inada, Yutaka Kazoe, Takahiro Nozaki,
2. 発表標題 Effect of Electrode 's Shape and Application Voltage on Thrust Generated by Corona Discharge
3. 学会等名 the 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Ono, Atsushi Komuro, Yuki Inada and Kentaro Tomita,
2. 発表標題 Measurement of single-filament streamer discharge for comparison with two-dimensional simulation
3. 学会等名 ISPlasma2024/IC-PLANTS2024/APSPT-13 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hu Long, 全 俊豪, 竹内 希, 稲田 優貴, 大西 亘, 中野 裕介, 山納 康, 兒玉 直人,
2. 発表標題 Copper Contact Collaborating with SiC MOSFET in Series for Hybrid DCCB in MVDC System
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護 合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平出 優乃介, 稲田 優貴, 西津 章郎, 山口 直哉,
2. 発表標題 気中開閉器内における熱ガス特性のアーキ形状依存性
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護 合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小島 寛樹, 佐々木 徹, 高橋 克幸, 稲田 優貴, 中川 雄介, 中野 裕介,
2. 発表標題 放電・プラズマ・パルスパワー分野における研究・技術開発 の歩み今後の展望
3. 学会等名 令和5年電気学会基礎・材料・共通部門大会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 手島 大智, 藤田 真一, 稲田 優貴, 古里 友宏,
2. 発表標題 超臨界CO2中パルスアーキ放電プラズマの消失過程の観測
3. 学会等名 令和5年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渋谷 侑平, 前山 光明, 稲田 優貴,
2. 発表標題 吸収分光法による球雷放電内のOHラジカル絶対密度分布測定
3. 学会等名 令和5年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤 正騎, 前山 光明, 稲田 優貴,
2. 発表標題 サブナノ秒インパルス発生器の実現に向けたパワーSiC MOSFETの活用
3. 学会等名 令和5年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 張 子陽, 前山 光明, 稲田 優貴,
2. 発表標題 平板型並列MCS放電を用いたオゾン生成特性の測定
3. 学会等名 令和5年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 手島 大智, 藤田 真一, 古里 友宏, 稲田 優貴,
2. 発表標題 超臨界CO <sub>2</sub> 中プラズマから伝搬する衝撃波の発光現象の観測
3. 学会等名 第47回静電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木元大, 稲田優貴, 前山光明,
2. 発表標題 位置分解能を有したヘリウムプラズマジェットの電界-室素強度比分布測定
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 茂田 正哉, 稲田 優貴, 田中 康規,
2. 発表標題 数値シミュレーションによる収縮拡大ノズル内アークプラズマ誘発乱流熱輸送の研究
3. 学会等名 第39回九州・山口プラズマ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Liu Yecheng, 佐々木 怜音, 大西 亘, 小林 泰平, 山田 圭矢, 稲田 優貴, 山納 康, 全 俊豪,
2. 発表標題 Optimized Operation for Fuse-Semiconductor Hybrid DC Circuit Breaker Based on Real-Time Estimation of Fuse Current-Limiting Status
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー/開閉保護/高電圧合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平出 優乃介, 稲田 優貴, 西津 章郎, 山口 直哉,
2. 発表標題 気中開閉器内部の熱ガス分布による遮断成否の影響
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー/開閉保護/高電圧合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渋谷 侑平, 稲田 優貴, 前山 光明,
2. 発表標題 球雷放電におけるOH ラジカル密度分布の三次元ダイナミクス
3. 学会等名 第25回静電気学会春期講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三上 星空, 稲田 優貴,
2. 発表標題 照射物体の誘電率に対するプラズマジェット性状依存性の発光分光測定
3. 学会等名 第25回静電気学会春期講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡本 峻汰, 稲田 優貴, 前山 光明,
2. 発表標題 接地対向衝突物体の有無に対する大気圧低温アルゴンプラズマジェットの電界依存性
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宿谷 佳介, 渋谷 侑平, 稲田 優貴, 前山 光明,
2. 発表標題 球雷放電を用いた水処理への電極表面状態の影響
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yecheng Liu, Reon Sasaki, Wataru Ohnishi, Takafumi Koseki, Yuki Inada, Yasushi Yamano, Shungo Zen,
2. 発表標題 Verification of Fuse-Semiconductor Commutation Based on Online Estimation of Fuse Current-Limiting Status,
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 桶川 雄生, 竜 虎, 全 俊豪, 竹内 希, 大西 亘, 中野 裕介, 兒玉 直人, 山納 康, 稲田 優貴,
2. 発表標題 ハイブリッド直流遮断器の転流回路における半導体スイッチ保護手法の検討
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Inada, T. Shioda, R. Nakamura, M. Maeyama, A. Kumada, R. Ono,
2. 発表標題 High Spatial Resolution Measurement of Electric Field Vector in Positive Secondary Streamer Discharge under Atmospheric-Pressure Air
3. 学会等名 75th Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Shigeta, Y. Tanaka, Y. Inada, Y. Fujino, A. Kumada,
2. 発表標題 Computational Studies of Thermal-Plasma-Induced Turbulence on Nanopowder Generation and Sustained Arc Discharge
3. 学会等名 75th Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Liu, R. Sasaki, W. Ohnishi, T. Koseki, K. Tukamoto, Y. Yamano, Y. Inada, S. Zen,
2. 発表標題 Operation timing considerations of Hybrid DCCB based on data analysis of current-limiting-status inside fuse
3. 学会等名 IWHV2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲田 優貴
2. 発表標題 空間周波数分解シュリーレン法によるアーク誘発乱流様構造の測定
3. 学会等名 第155回研究会『高気圧プラズマプロセスを左右するガス流場の詳細計測・制御と数値解析』（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渋谷 侑平, 榎府 佑, 前山 光明, 稲田 優貴,
2. 発表標題 球雷放電内における温度とOHラジカル密度分布の分光測定
3. 学会等名 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲田 優貴, 平出 優乃介, 西津 章郎, 山口 直哉,
2. 発表標題 気中開閉器内部における熱ガス温度・導電率の2次元分光測定
3. 学会等名 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚本 幸佑, 山納 康, 稲田 優貴, 松本 章史, 橋本 伸久,
2. 発表標題 分光測定による消弧砂形状がヒューズ内部アークに与える影響の調査
3. 学会等名 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 W. Yuan, S. Zen, N. Takeuchi, W. Ohnishi, Y. Inada,
2. 発表標題 Copper Contact Collaborating with SiC MOSFET and Drive Circuit Design for Hybrid DCCB in MVDC System
3. 学会等名 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲田 優貴
2. 発表標題 研究テーマの創出
3. 学会等名 電気学会 基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲田 優貴
2. 発表標題 時空間制御された大気中シングルフィラメントストリーマ放電の電子密度・電界測定
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新田 聖輝, 古里 友宏, 稲田 優貴,
2. 発表標題 超臨界二酸化炭素中ナノ秒パルスアーク放電の時間分解発光スペクトルの解析
3. 学会等名 誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 清水 涼雅, 全 俊豪, 稲田 優貴, 大西 亘, 中野 裕介, 兒玉 直人, 山納 康,
2. 発表標題 高電圧用限流ハイブリッド直流遮断器の開発
3. 学会等名 誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林 寿盛, 前山 光明, 稲田 優貴,
2. 発表標題 両極性出力可能な半導体化インパルス発生器
3. 学会等名 静電気学会春期講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前山 光明, 横倉 健児, 稲田 優貴,
2. 発表標題 球雷状放電の電極材料による水処理への効果
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤 正騎, 前山 光明, 稲田 優貴,
2. 発表標題 無線給電技術を活用した半導体化インパルス発生器
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 塚本 幸佑, 山納 康, 稲田 優貴, 松本 章史, 橋本 伸久,
2. 発表標題 X線CTによるヒューズ発弧後のフルグライト内部の空洞形成と消弧砂の性状の関係調査
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲田優貴
2. 発表標題 プラズマ診断・計測
3. 学会等名 応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Inada, T. Shioda, R. Nakamura, M. Maeyama, A. Kumada and R. Ono
2. 発表標題 High Spatial Resolution Measurement of Electric Field in Positive Secondary Streamer Discharge under Atmospheric-Pressure Air
3. 学会等名 The 74th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Inada
2. 発表標題 Fundamental - Experimental: Visualization Technique of Atmospheric Pressure Plasmas
3. 学会等名 38th JSPF Annual Meeting (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲田優貴, 大西亘, 中野裕介
2. 発表標題 研究テーマの創出
3. 学会等名 電気学会基礎・材料・共通部門 若手チャプタ企画若手研究者向けオンライン講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲田優貴
2. 発表標題 レーザを用いたプラズマ診断技術の開発-電子密度、乱流、電界-
3. 学会等名 2022年度第1回静電気学会研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 直流遮断器	発明者 電力中央研究所, 埼玉大, 名古屋大, 東大, 東工大, 金沢大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-193549	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 電界計測方法及び電界センサ	発明者 埼玉大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-122635	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	前山 光明  (Maeyama Mitsuaki)  (00196875)	埼玉大学・理工学研究科・教授    (12401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------