

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03895

研究課題名(和文) プラズマ照射による植物成長促進の世代間伝搬機構の解明

研究課題名(英文) Study on mechanism of multi-generational effects of plasma irradiation to seeds

研究代表者

古閑 一憲 (Koga, Kazunori)

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：90315127

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年注目を集めるプラズマの農業応用に関して、本研究では、種子へのプラズマ照射効果の世代間伝搬機構について、エピジェネティック過程に対するプラズマ照射効果を解明することを目的とする。ここでは、誘電体バリア放電を用いたプラズマ照射種子への分子輸送や種子内分子動態を調べた。プラズマ生成活性酸素窒素種の種子への輸送量と成長促進効果のマップを初めて作成した。またプラズマ照射により種子内植物ホルモン産生が変動し、ホルモンバランスと生育特性の間の相関を示唆する結果を得た。加えてプラズマ照射種子の遺伝子発現変動から、種子へのプラズマ照射によるエピジェネティクス領域の変動を示唆する結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の大気圧や液中でのプラズマ生成技術の発展により、バイオテクノロジー分野へプラズマ応用が急速に広がっている。プラズマの農業応用については、食料やバイオマスの増産を念頭に置いた研究が行われているが、プラズマ照射による成長促進機構については未解明である。本研究では、プラズマ照射による植物特に種子の分子機構に切り込み、プラズマ照射によるエピジェネティクス領域の変動を示唆する結果を得た。この結果は、プラズマ農業の学術基盤の構築に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aimed to elucidate mechanism of multi-generation effects of plasma irradiation to plant seeds. Here we studied transfer of molecules from plasma to seeds and molecular dynamics in seeds irradiated by dielectric barrier discharge. The main results are as following. (1) We firstly obtained a map of reactive oxygen nitrogen species transfer from plasma to seeds regarding plasma growth enhancement effect. (2) We found plasma irradiation to seeds affects phytohormone generation in seeds and the correlation between phytohormone balance and growth characteristics of plant. (3) The analysis of gene expression of irradiated seeds suggested the modification in epigenetic region by plasma.

研究分野：プラズマ理工学

キーワード：プラズマ農業 植物生長特性改善 DBDプラズマ 世代間伝搬 種子

1. 研究開始当初の背景

近年の大気圧や液中でのプラズマ生成技術の発展により、バイオテクノロジー分野へプラズマ応用が急速に広がっている。その顕著な例として、プラズマの医療応用と農業応用がある。プラズマの医療応用については、2015年現在、新学術領域研究「プラズマ医療」が推進されており、その成果は国内外で高い評価を受けている。プラズマの農業応用については、近年では椎茸の増産など食料増産を念頭に置いた研究が行われているが、プラズマ照射による成長促進機構については未解明である。

研究代表者は、プラズマを用いた植物の成長促進に関する研究を推進し、以下の成果を得ている。(1) 生体へのプラズマ照射において、一度の実験で多くの照射条件を実現可能なコンビナトリアル細胞活性解析法を開発した。これを用い、カイワレの種子への1度の照射で、成長促進効果が1週間程度持続することを明らかにした。(2) シロイヌナズナや百日草の種子に大気圧空気プラズマを照射して栽培し、採取した種子に再びプラズマを照射することを3世代まで繰り返し、プラズマ照射による成長促進効果が多世代に亘る『蓄積』や効果が一代限りになる『リセット』が生じる可能性があることを見出した。

プラズマ照射効果の世代間伝搬機構としては、DNA塩基配列変化(遺伝子改変)とエピジェネティック過程(遺伝子の修飾等)の2つが考えられる。これに対して、すべての個体でプラズマ照射による成長促進効果が表れること、また照射効果が世代の壁を超えて蓄積・リセットが起きることから、プラズマ照射効果の世代伝搬現象は、DNAの配列変化によらない遺伝子発現つまり、エピジェネティック過程によるものであると推察される。

研究代表者は、プラズマ照射効果の世代間伝搬機構を解明することで、エピジェネティック過程に対するプラズマ照射の効果を明らかにすることが可能であり、プラズマ照射によるエピジェネティック過程の制御についての基礎学理を構築できると考えた。さらに、得られた知見を基にプラズマを用いた一代限りの活性制御を超えた多世代に亘る活性制御『植物活性プログラミング』を創成できると着想した。

2. 研究の目的

本研究では、プラズマ照射効果の世代間伝搬機構について、エピジェネティック過程に対するプラズマ照射効果を解明することを目的として、以下の3項目を研究する。

- (1) プラズマ照射による成長促進効果の世代間伝搬の主要因解明
- (2) プラズマから生体への分子輸送機構解明
- (3) 成長促進が生じる植物の種類の拡大

3. 研究方法

種子へのプラズマ照射では、図1に示すスケラブル誘電体バリア放電プラズマ装置を用いた[1,2]。セラミックで覆われた外径2mmの電極棒がそれぞれ0.2mmの空隙を開けて20本板状に配置されている。お互いの電極棒が交互に高電圧と接地となるようにパルス電源とアースに接続した。用いたガスは大気であり、室温、湿度は40-60%rhとした。電極間に印加した放電電圧は7.0kV、周波数は14kHzであり、放電電力は3.05W/cm²であった。

照射した種子は、実験室系では植物インキュベーターを用いた水耕栽培により植物を育成し、成長特性や遺伝子発現変動解析を行った。発芽特性評価では、シャーレに種子を配置し、暗黒条件での発芽率の時間変化を評価した。

4. 研究成果

・プラズマ照射による成長促進効果の世代間伝搬の主要因とプラズマから生体への分子輸送機構解明

プラズマ照射による成長促進効果の世代間伝搬機構の解明のため、種子へのプラズマ照射による遺伝子発現変動を調べた。ここでは、シロイヌナズナ種子へのプラズマ照射による種子をPとし、これを栽培・収穫した種子にプラズマ照射したものをPP、同じ作業を繰り返したものをPPPと名付ける。第2子葉が現れた時の個体をサンプルしてマイクロアレイ解析をおこなった。遺伝子発現ヒートマップなどにより得られた結果から発現変動のある遺伝子を抽出、Gene Ontology解析により遺伝子の特定の機能による分類分けを行ったところ、酸化ストレス、遺伝子転写、植物ホルモン関連遺伝子、特に酸化ストレス応答関連遺伝子に強い変動がみられることを

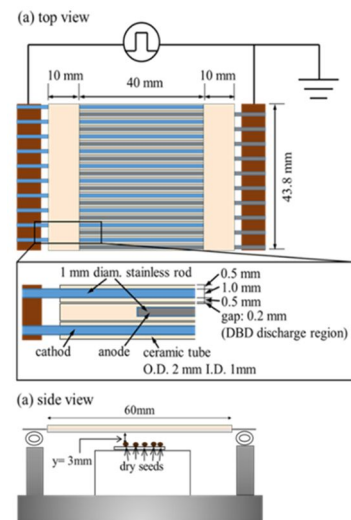


図1. スケラブル誘電体バリア放電装置。

明らかにした。加えて栽培実験では照射した種子の多くに成長促進効果が見られている結果は、エピジェネティック過程による成長促進の可能性を示唆している。

プラズマから生体への分子輸送について調べるため、植物成長促進に重要なガス分子を同定した。従来空気を用いていたプラズマ照射実験に代わり、カイワレダイコン種子に対して酸素のみ、窒素のみ、二酸化炭素のみ環境で大気圧プラズマ照射を行い、根と茎の長さを比較した。結果を図2に示す。このとき未照射種子の長さで規格化した。空気、酸素、NO + N₂ ガス雰囲気中でプラズマ照射した種子に顕著な成長促進効果が見られる一方、N₂、He、Ar 雰囲気中で照射した種子は成長促進効果が見られなかった。この結果は、活性酸素種の照射において成長促進が見られることを示しており、マイクロアレイ解析結果における酸化ストレス応答の遺伝子発現が顕著であった結果をサポートするものである。

プラズマで発生した RONS の種子への輸送を明らかにするため、照射時の種子密度の影響を調べた。図3に照射種子を3日間暗室で栽培したカイワレの体長に対する SDBD 電極直下 20x20mm² に配置した種子数依存性を示す。カイワレの体長は配置した種子数に依存し、最も少ない3粒では未照射に比べて成長抑制を示し、種子数の増加と共に体長は増加、10粒以上で生長促進を示す。この結果は、プラズマで発生した活性種の種子への輸送量が照射時の種子数に依存することを示唆している。スクレーブル誘電体放電で照射される活性酸素窒素種(RONS)の計測結果から、体長の変化を成長促進度とした場合の、RONS 照射量と活性度のマップを作製した。結果を図4に示す。この結果は、プラズマで発生した RONS の種子への輸送量と植物の成長促進度の相関を初めて示したものである。

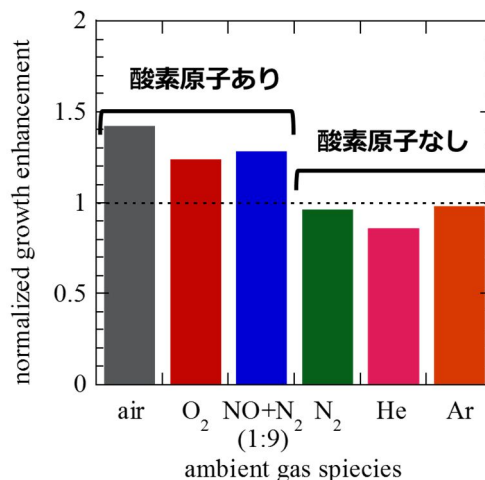


図2．各ガス雰囲気におけるプラズマ照射効果の比較。種子：カイワレダイコン、種子位置：種子と電極のギャップ 3mm、電極端から 5mm 外側。

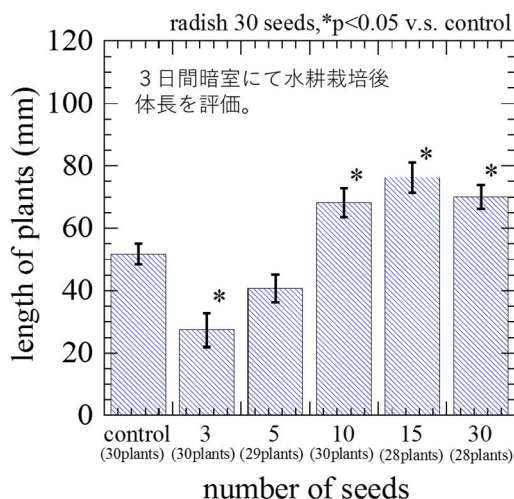


図3．1回の照射で配置した種子数と植物体の長さの相関。

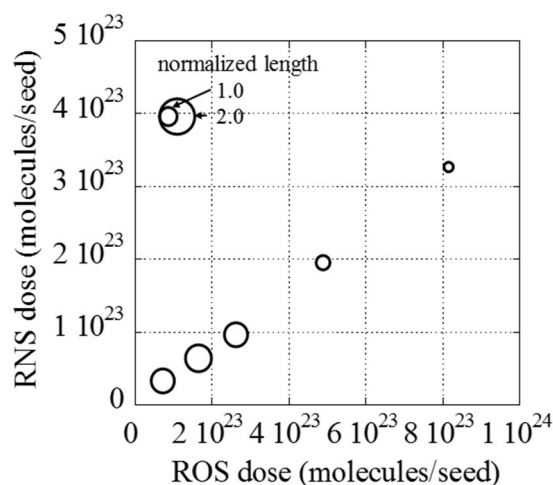


図4．プラズマ照射による成長促進度についての RONS マップ。

プラズマ照射に対する種子内の分子動態を検討するため、リトアニアのヴィータウタス・マグヌス大学 Vida Mildaziene 教授と共同研究を開始し、種子内におけるホルモン産生量の評価を開始した。種子内ホルモン量の評価として、高速液クロマトグラフィー（デテクタ：UV）を用いた。カイワレ種子を用いてプラズマ照射後のホルモン産生量に対する発芽と初期成長特性の相関を明らかにした。プラズマ照射によりホルモンバランスが変動し、これに対応して発芽・初期生長特性を示すことを明らかにした。加えて種子内ホルモンバランスが照射後の日数に依存することを示した。これらは、植物に対するプラズマ照射における照射効果の再現性向上の重要要因となると考えられる。

加えて高温障害をもツイン種子に対してプラズマ照射を行い、発芽特性が改善することを明らかにした。プラズマ照射による発芽特性の改善と発芽に関連する遺伝子発現変動を解析したところ、 α -アミラーゼの発現遺伝子である OsAmy1C の発現に強い変動がみられるものの、そ

の上流に位置する転写因子としての OsGAamb の発現に有意な差は見られなかった。この結果は、OsGAamb 以外例えば、プラズマ照射によるエピジェネティクス領域の変動の可能性を示唆するものである。

・成長促進が生じる植物の種類を増大

従来のカイワレとシロイヌナズナから、ブロッコリ、リョクトウ、ダイズ、シカクマメ、ヒマワリ、ハクニチソウ、ブルメリア、ポテト、イネ、コムギに拡大した。開発したスケーラブル DBD プラズマを用いて、シロイヌナズナと同じ条件での照射では、ブロッコリ、ダイズ、シカクマメ以外の 9 種類の植物は成長促進することを確認した。この結果は、スケーラブル DBD プラズマの汎用性の高さを示している。

九州管内の農業事業者の協力を得てイネのフィールドワーク実験を実施した。無肥料・無農薬で栽培実験を行った結果収穫量の 4 % 向上が見られた。加えて収穫した玄米のマウスへの投与実験では、未照射サンプルから収穫した玄米とプラズマ照射サンプルから収穫した玄米では両サンプルとも亜急性毒性は見られなかった。

プラズマ照射に対するヒマワリの種子の応答について、発芽・生長特性と種子内ホルモン産生の相関を調べた (図 5、図 6)。成長抑制と成長促進を示す 2 つの条件でプラズマを照射した。発芽特性については、成長抑制条件で発芽特性の低下がみられるものの、成長促進条件で発芽特性は未照射条件の場合と同じ発芽特性を示した。一方生長特性として、地上部と地下部の長さ、個体の重量、葉の重さと数、加えて光合成特性を評価し、高速液体クロマトグラフィ (デテクタ: UV) で計測した種子内アブシシン酸 ABA とジベレリン GA の産生量と比較した。UV 検出器を用いた高速液体クロマトグラフィでは定量評価に欠けるところがあるものの、ABA/GAs 比の増加とともに各指標の低下傾向が見られた。この結果は、プラズマ照射による ABA と GA の産生量の変動がみられるとともに ABA/GA 比で表した種子内ホルモンバランスと生長特性に相関あることを示唆している。

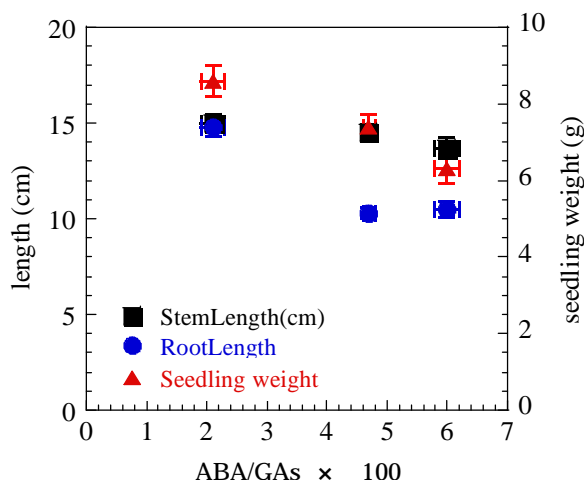


図 5 . 地上部・地下部の長さ及び個体重量に対する種子内アブシシン酸とジベレリンの産生量比依存性。

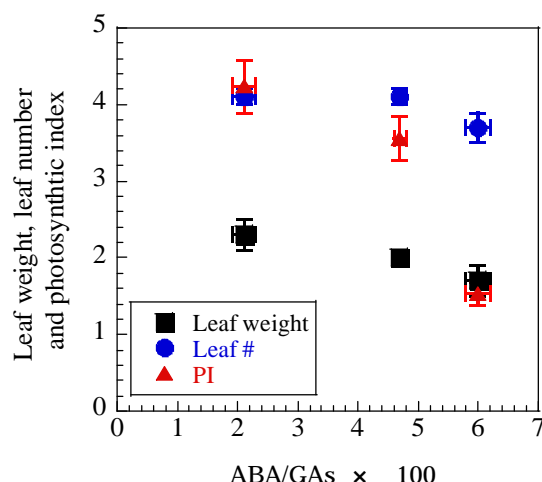


図 6 . 葉の重量、葉の数、光合成量 PI に対する種子内アブシシン酸とジベレリンの産生量比依存性。

・まとめ

本研究により、プラズマ発生粒子の種子への分子移動や、種子内部での分子動態についてその一部を明らかにし新しい研究展開の端緒を得た。加えて、遺伝子発現変動解析から種子へのプラズマ照射によるエピジェネティクス領域の変動を示唆する結果を得たことは、本研究の目的である、「植物活性プログラミング」実現に道を拓く成果であり、プラズマがエピジェネティクス領域へアクセス可能であることを示唆するものである。現状では、評価に定量性が欠ける部分があるとともに、プラズマ照射効果の揺らぎや個体差の揺らぎなどの克服が重要となる。今後、試行を繰り返し精度を上げつつ、プラズマ照射による分子機構を解明していく必要がある。

参考文献

- [1] S. Kitazaki et al., Curr. Appl. Phys., 14 (2014) 149.
- [2] K. Koga et al., Appl. Phys. Express 9 (2016) 016201.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Koga Kazunori, Attri Pankaj, Kamataki Kunihiro, Itagaki Naho, Shiratani Masaharu, Mildaziene Vida	4. 巻 59
2. 論文標題 Impact of radish sprouts seeds coat color on the electron paramagnetic resonance signals after plasma treatment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SHHF01 ~ SHHF01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7698	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 該当する
1. 著者名 Degutyte-Fomins Laima, Pauaite Giedre, Zukiene Rasa, Mildaziene Vida, Koga Kazunori, Shiratani Masaharu	4. 巻 59
2. 論文標題 Relationship between cold plasma treatment-induced changes in radish seed germination and phytohormone balance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SH1001 ~ SH1001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab656c	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 該当する
1. 著者名 Zukiene Rasa, Nauciene Zita, Januskaitiene Irena, Pauzaite Giedre, Mildaziene Vida, Koga Kazunori, Shiratani Masaharu	4. 巻 12
2. 論文標題 Dielectric barrier discharge plasma treatment-induced changes in sunflower seed germination, phytohormone balance, and seedling growth	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 126003 ~ 126003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab5491	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 該当する
1. 著者名 Attri Pankaj, Tochikubo Fumiyoshi, Park Ji Hoon, Choi Eun Ha, Koga Kazunori, Shiratani Masaharu	4. 巻 8
2. 論文標題 Impact of Gamma rays and DBD plasma treatments on wastewater treatment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-21001-z	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 該当する

1. 著者名 Koga Kazunori, Seo Hyunwoong, Tanaka Akiyo, Itagaki Naho, Shiratani Masaharu	4. 巻 77
2. 論文標題 Synthesis of Nanoparticles Using Low Temperature Plasmas and Its Application to Solar Cells and Tracers in Living Body	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 17 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/07703.0017ecst	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 Attri Pankaj, Kim Minsup, Sarinont Thapanut, Ha Choi Eun, Seo Hyunwoong, Cho Art E., Koga Kazunori, Shiratani Masaharu	4. 巻 7
2. 論文標題 The protective action of osmolytes on the deleterious effects of gamma rays and atmospheric pressure plasma on protein conformational changes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-08643-1	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 該当する

1. 著者名 Attri Pankaj, Kim Minsup, Choi Eun Ha, Cho Art E., Koga Kazunori, Shiratani Masaharu	4. 巻 19
2. 論文標題 Impact of an ionic liquid on protein thermodynamics in the presence of cold atmospheric plasma and gamma rays	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 25277 ~ 25288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cp04083k	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 該当する

1. 著者名 Kawasaki Toshiyuki, Kuroeda Gouya, Sei Ryuhei, Yamaguchi Masaaki, Yoshinaga Reishi, Yamashita Riho, Tasaki Hikaru, Koga Kazunori, Shiratani Masaharu	4. 巻 57
2. 論文標題 Transportation of reactive oxygen species in a tissue phantom after plasma irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 01AG01 ~ 01AG01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.01AG01	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 M. Shiratani, T. Sarinont, K. Koga and N. Hayashi	4. 巻 -
2. 論文標題 R&D status of agricultural applications of high voltage and plasma in Japan	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. Workshop on Application of Advanced Plasma Technologies in CE Agriculture	6. 最初と最後の頁 29-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 T. Kawasaki, S. Kusumegi, A. Kudo, T. Sakanoshita, T. Tsurumaru, A. Sato, G. Uchida, K. Koga and M. Shiratani	4. 巻 119
2. 論文標題 Effects of irradiation distance on supply of reactive oxygen species to the bottom of a Petri dish filled with liquid by an atmospheric O ₂ /He plasma jet	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 173301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4948430	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 T. Sarinont, T. Amano, P. Attri, K. Koga, N. Hayashi, M. Shiratani	4. 巻 605
2. 論文標題 Effects of plasma irradiation using various feeding gases on growth of Raphanus sativus L.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Arch. Biochem. Biophys.	6. 最初と最後の頁 129-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ab.2016.03.024	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 G. Uchida, A. Nakajima, T. Ito, K. Takenaka, T. Kawasaki, K. Koga, M. Shiratani, Y. Setsuhara	4. 巻 120
2. 論文標題 Effects of nonthermal plasma jet irradiation on the selective production of H ₂ O ₂ and NO ₂ - in liquid water	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 203302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4968568	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 T. Sarinont, Y. Wada, K. Koga, M. Shiratani	4. 巻 -
2. 論文標題 Response of Silkworm Larvae to Atmospheric Pressure Non-thermal Plasma Irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plasma Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1615/PlasmaMed.2017019137	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 T. Sarinont, R. Katayama, Y. Wada, K. Koga, M. Shiratani	4. 巻 -
2. 論文標題 Plant Growth Enhancement of Seeds Immersed in Plasma Activated Water	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 MRS Advances	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/adv.2017.178	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75件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 42件)

1. 発表者名 田中颯, 有田涼, 廣松真弥, 佐藤僚哉, 松尾かよ, 山下大輔, 板垣奈穂, 鎌滝晋礼, Pankaj Attri, 石川健治, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 イネ種子に対するプラズマ照射効果のフィールドテスト
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第23回支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有田涼, 田中颯, 廣松真弥, 佐藤僚哉, 松尾かよ, 山下大輔, 板垣奈穂, 鎌滝晋礼, Pankaj Attri, 石川健治, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 プラズマ照射したカイワレダイコン種子の発芽促進機構 - 吸水時の種子内ラジカル動態 -
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第23回支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣松真弥, 有田涼, 田中颯, 佐藤僚哉, 松尾かよ, 山下大輔, 板垣奈穂, 鎌滝晋礼, Pankaj Attri, 石川健治, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 レタス幼苗重量分布に対する種子エイジングとプラズマ照射の効果
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第23回支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古閑一憲, 佐藤僚哉, 吉田知晃, 有田涼, 田中颯, 廣松真弥, 鎌滝晋礼, 板垣奈穂, 白谷正治
2. 発表標題 プラズマ照射した種物の圃場栽培試験
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 P. Attri, A. Bogaerts, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Influence of co-solvents on protein folding during plasma treatment (Invited)
3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-J (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Sato, M. Hiromatsu, K. Matsuo, T. Yoshida, R. Arita, K. Kamataki, N. Itagaki, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Effect of Plasma Irradiation to Seeds of Lactuca Sativa on Histogram of Fresh Weight of Their Seedling
3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-J (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Tanaka, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Health Effects of Rice Harvested from Plasma-Irradiated Rice Seeds Administered Orally in Mice
3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-J (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Koga, M. Shiratani, V. Mildaziene
2. 発表標題 Metabolomics Approach for Studying Effects of Atmospheric Air Plasma Irradiation to Seeds (Keynote)
3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-J (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Impact of Atmospheric Pressure Plasma Irradiation to Seeds on Agricultural Productivity
3. 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPs-DPP2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Cost-Effective Crop Yield Improvement using Non-Thermal Plasmas - from Laboratory to Table -
3. 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Koga, K. Kamataki, N. Itagaki, M. Shiratani, V. Mildaziene
2. 発表標題 Influence of Seed Coat Color on Reactive Species in Plasma Irradiated Seeds of Radish Sprouts
3. 学会等名 XXXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases (XXXIV ICPIG) & 10th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 V. Mildaziene, L. Degutyte-Fomin, G. Pauzaitė, A. Ivankov, R. Zukiene, Z. Nauciene, I. Filatova, V. Lyushkevich, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Cold plasma treatment stimulates seed germination by inducing dormancy loss due to changes in phytohormone balance
3. 学会等名 XXXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases (XXXIV ICPIG) & 10th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Koga, Y. Wada, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani
2. 発表標題 High energy leverage method on growth enhancement of bio-mass plants using plasma seed treatment
3. 学会等名 7th International Conference on Plasma Medicine (ICPM-7) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田陽介, 佐藤僚哉, 嶋田凌太郎, 山下大輔, 板垣奈穂, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 種子へのプラズマ照射における活性種の吸収特性の検討 - 種子数密度の効果
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Wada, R. Sato, R. Shimada, D. Yamashita, K. Kamataki, N. Itagaki, K. Koga and M. Shiratani
2. 発表標題 Effects of N ₂ , O ₂ gas composition ratio and humidity in plasma on plasma induced plant growth enhancement
3. 学会等名 27th Annual Meeting of MRS-Japan 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎敏之, 古閑一憲, 白谷正治, 内田儀一郎, 竹中弘祐, 節原裕一
2. 発表標題 プラズマジェット照射による酸化反応の KI - デンプン試薬による二次元分布可視化(受賞講演)
3. 学会等名 大阪大学接合科学研究所第14回産学連携シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shiratani, K. Koga
2. 発表標題 Plasma-surface interactions in biomedical and agricultural applications of plasma (Invited)
3. 学会等名 2017 International Forum on Functional Materials (IFFM2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中昭代, 平田美由紀, 松村渚, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 インジウムナノ粒子のラット気管投与による体内動態
3. 学会等名 第26回日本微量元素学会学術集会
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Oide, T. Sarinont, R. Katayama, Y. Wada, T. Kawasaki, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, P. Attri, E. H. Choi, A. Tanaka, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Two-dimensional profile of RONS dose irradiated with a scalable DBD device
3 . 学会等名 International Union of Materials Research Societies - The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Wada, T. Sarinont, Y. Oide, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Growth enhancement of radish sprout using plasma activated river water and falls water
3 . 学会等名 International Union of Materials Research Societies - The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Kawasaki, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Storage and Transportation of Reactive Oxygen Species in Tissue Phantom Irradiated with Non-thermal Plasma Jet
3 . 学会等名 International Union of Materials Research Societies - The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 E. Leal-Quiros, S. Banerjee, J.M.Contreras, K. Koga, M. Shiratani, F. Prakshi, S. Montesinos, Y. Alcantara, F. Avendano
2 . 発表標題 Non-thermal atmospheric-pressure plasma activation of herbal seeds indicating the acceleration of the plant ' s germination period (OIM1)
3 . 学会等名 16th Latin American Workshop on Plasma Physics
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 和田陽介, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 ジャガイモの生育に対するプラズマ照射時間の影響
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古閑一憲, 和田陽介, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 白谷正治, 橋本昌隆, 小島昌治
2. 発表標題 プラズマ照射した種籾への催芽処理の効果
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大井手芳徳, 古閑一憲, 白谷正治, 田原祐助, 都甲潔
2. 発表標題 大気圧DBDプラズマ照射したリンゴの味評価
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中昭代, 平田美由紀, 松村渚, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 インジウムナノ粒子と三酸化インジウムのラット気管内投与による体内動態
3. 学会等名 58回大気環境学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古閑一憲, 和田陽介, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 白谷正治
2. 発表標題 スケーラブルDBDプラズマのRONS照射量に対する空気流れの効果
3. 学会等名 平成29年度(第70回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 足立拓也, 阿南翔太, 山ノ内翔太, 内田儀一朗, 竹中弘祐, 古閑一憲, 節原裕一, 白谷正治, 川崎敏之
2. 発表標題 プラズマジェットによって液状ターゲット表面に供給されるROSの二次元分布に周囲ガスが与える影響
3. 学会等名 平成29年度(第70回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊東巧, 武井彰汰, 別宮竜乃介, 古閑一憲, 白谷正治, 川崎敏之
2. 発表標題 プラズマ照射によって液状媒体深さ方向に供給されるROSの同定への試み
3. 学会等名 平成29年度(第70回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武井彰汰, 古閑一憲, 白谷正治, 川崎敏之
2. 発表標題 プラズマ照射による模擬生体内ROS透過率の推定
3. 学会等名 平成29年度(第70回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤典宏, 北崎訓, 田中昭代, 平田美由紀, 中津可道, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧Heプラズマ照射によるヘアレスマウス皮膚への影響評価
3. 学会等名 平成29年度(第70回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川崎敏之, 足立拓也, 阿南翔太, 武井彰汰, 別宮竜之介, 山ノ内翔太, 伊東巧, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 プラズマ照射によって液体中に誘起される流れの定量解析
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白谷正治, 古閑一憲
2. 発表標題 未来の食を支えるプラズマ農業技術への挑戦(シンポジウム講演)
3. 学会等名 Plasma Conference 2017(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 植物種子へのプラズマ照射効果による成長促進とその機序(シンポジウム講演)
3. 学会等名 Plasma Conference 2017(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和田陽介, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 植物種子の吸水に与える大気圧プラズマ照射の効果
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shiratani, Y. Wada, R. Sato, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, K. Koga
2. 発表標題 Growth Enhancement of Sorghum by Plasma Irradiation to The Seeds
3. 学会等名 The 2nd Asian Applied Physics Conference (Asian-APC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Koga, Y. Wada, R. Sato, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani
2. 発表標題 Effects of Gas Flow Velocity on Plant Growth of Radish Sprout
3. 学会等名 The 2nd Asian Applied Physics Conference (Asian-APC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Wada, R. Sato, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Effects of Gap between Electrodes and Seeds on Plasma Induced Plant Growth Enhancement
3. 学会等名 The 2nd Asian Applied Physics Conference (Asian-APC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤僚哉, 和田陽介, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 種子へのプラズマ照射のカイワレ大根の長さ分布に対する効果
3. 学会等名 2017年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Koga, Y. Wada, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani
2. 発表標題 Effects of Number Density of Seeds on Plasma Induced Plant Growth Enhancement
3. 学会等名 27th annual meeting of MRS-J (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大井手芳徳, 古閑一憲, 白谷正治, 田原祐助, 都甲潔
2. 発表標題 プラズマ照射リンゴの味覚変化
3. 学会等名 第3回味覚センサシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Shiratani
2. 発表標題 Plasma Application on Agriculture and Food/Plasma applications in waste to energy (Tutorial)
3. 学会等名 4th International Workshop on Advanced Plasma Technology and Applications (The 4th IWAPTA workshop) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 V. Mildaziene, R. Zukiene, L. Degutyte-Fomins, G. Pauzaite, J. Ziauka, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Cold Plasma Treatment Induces Changes in Seed Hormone Content and Explant Growth
3 . 学会等名 2nd International Workshop On Plasma Agriculture (IWOPA2) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Koga, Y. Wada, R. Sato, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani
2 . 発表標題 Effects of RONS Dose on Plasma Induced Growth Enhancement of Radish Sprout
3 . 学会等名 2nd International Workshop On Plasma Agriculture (IWOPA2) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Wada, R. Sato, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Effects of Number Density of Seeds on Plant Growth Enhancement by Atmospheric Air Plasma Irradiation
3 . 学会等名 2nd International Workshop On Plasma Agriculture (IWOPA2) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Shiratani, K. Koga
2 . 発表標題 Impact of Plasma Agriculture on Global Vegetation Biomass
3 . 学会等名 2nd International Workshop On Plasma Agriculture (IWOPA2) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 古閑一憲, 和田陽介, 佐藤僚哉, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧空気誘電体バリア放電プラズマを照射したカイワレ種子の電子スピン共鳴分光
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Shiratani, T. Sarinont, K. Koga, N. Hayashi
2. 発表標題 R&D status of agricultural applications of high voltage and plasma in Japan (Invited)
3. 学会等名 Workshop on Application of Advanced Plasma Technologies in CE Agriculture (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Shiratani, T. Sarinont, K. Koga, N. Hayashi
2. 発表標題 Plasma induced multigeneration effects on plant growth and crop yield (Invited)
3. 学会等名 1st International Workshop on Plasma Agriculture (IWOPA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Sarinont, P. Attri, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Effects of atmospheric pressure plasma irradiation to plant seeds put in magnetic field on the plant growth
3. 学会等名 20th International Vacuum Congress (IVC-20) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 M. Shiratani, P. Attri, T. Sarinont, E. H. Choi, K. Koga
2 . 発表標題 A comparative study for action of gamma and plasma irradiation dose on thermodynamics of protein
3 . 学会等名 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. Sarinont, P. Attri, E. H. Choi, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 A comparative study of reactive oxygen species dose provided by atmospheric plasma and gamma ray irradiation using iodine-starch reaction
3 . 学会等名 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 G. Uhcida, A. Nakajima, T. Ito, K. Takenaka, T. Kawasaki, K. Koga, M. Shiratani, Y. Setsuhara
2 . 発表標題 Effects of plasma-irradiation distance on ROS and RNS productions in liquid
3 . 学会等名 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 K. Koga, T. Amano, Y. Nakatsu, H. Seo, N. Itagaki, A. Tanaka, T. Kondo, M. Shiratani
2 . 発表標題 Time development of response of cells irradiated by non-thermal atmospheric air plasma
3 . 学会等名 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Shiratani, K. Koga
2. 発表標題 Plasma assisted plant growth enhancement for agricultural yield enhancement (Invited)
3. 学会等名 The 6th International Conference on Microelectronics and Plasma Technology (ICMAP 2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 川崎敏之, 内田儀一郎, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧プラズマジェット照射によって模擬生体内を輸送された ROS の二次元濃度分布
3. 学会等名 第40回静電気学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Koga, R. Katayama, T. Sarinont, H. Seo, N. Itagaki, P. Attri, E. L. Quiros, .A. Tanaka, M. Shiratani
2. 発表標題 Comparative study of non-thermal atmospheric pressure discharge plasmas for life science applications
3. 学会等名 69th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Shiratani, T. Sarinont, K. Koga
2. 発表標題 Advantages of Plasma Agriculture
3. 学会等名 The First International Conference on Hybridized Agriculture(HA2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Koga, T. Sarinont, M. Shiratani
2. 発表標題 Control of Plant Growth by RONS Produced Using Nonthermal Atmospheric Air Plasma
3. 学会等名 American Vacuum Society 63rd International Symposium and Exhibition (AVS63) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Sarinont, K. Koga, M. Shiratani
2. 発表標題 Plant Growth Enhancement of Seeds Immersed in Plasma Activated Water
3. 学会等名 2016 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田陽介, サリノント タパナット, 片山龍, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧 DBDプラズマを照射した水のRONS濃度の水量依存性
3. 学会等名 平成28年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 黒枝剛哉, 清竜平, 山口真央, 吉永怜史, 山下莉穂, 田崎光, 川崎敏之, 内田儀一郎, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧プラズマジェット照射による模擬生体中へのROSの供給
3. 学会等名 平成28年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大井手芳徳, 片山龍, サリノント タパナット, 和田陽介, 徐鉉雄, 板垣奈穂, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 Scalable DBDによるRONS照射量の二次元分布
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第20回支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 片山龍, サリノント タパナット, 大井手芳徳, 和田陽介, 古閑一憲, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, Pankaj Attri, 田中昭代, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧DBDジェット装置のRONS照射量比較実験
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第20回支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 サリノント タパナット, 和田陽介, 片山龍, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 大気圧DBDプラズマによる植物収穫量の向上
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第20回支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田陽介, サリノント タパナット, 片山龍, 古閑一憲, 白谷正治
2. 発表標題 シロイヌナズナ種子へのプラズマ照射効果に対する前処理の影響
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第20回支部大会
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. Sarinont, Y. Wada, R. Katayama, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Effects of plasma irradiation on growth of wheat and melon
3 . 学会等名 26th annual meeting of MRS-J (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Y. Wada, T. Sarinont, R. Katayama, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Stimulation of germinability of seeds under various gas plasma activated water
3 . 学会等名 26th annual meeting of MRS-J (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 K. Koga, T. Sarinont, R. Katayama, Y. Wada, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani
2 . 発表標題 Dependence of amount of plasma activated water on growth enhancement of radish sprout
3 . 学会等名 26th annual meeting of MRS-J (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 M. Shiratani, T. Sarinont, P. Attri, K. Koga
2 . 発表標題 Comparison of biological effects between plasma and gamma-ray radiation
3 . 学会等名 26th annual meeting of MRS-J (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Y. Nakatsu, N. Takano, M. Ohno, S. Kitazaki, K. Koga, A. Tanaka, M. Shiratani, T. Tsuzuki
2 . 発表標題 Analyses of Oxidative Mutagenesis and Carcinogenesis Using Genetically Modified Mice: Application to Plasma Medicine (Invited)
3 . 学会等名 26th annual meeting of MRS-J (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 G. Kuroeda, R. Sei, M. Yamaguchi, R. Yoshinaga, R. Yamashita, H. Tasaki, K. Koga, M. Shiratani
2 . 発表標題 Transportation of reactive oxygen species through a tissue phantom by plasmajet irradiation
3 . 学会等名 ISPlasma2017/IC-PLANTS2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Koga, P. Attri, T. Sarinont, Hy. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani
2 . 発表標題 Comparision of Gamma irradiation and scalable DBD on the dechlorization of Dyes
3 . 学会等名 ISPlasma2017/IC-PLANTS2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 白谷正治, 片山龍, 北崎訓, T. Sarinont, 大井手芳徳, 和田陽介, 古閑一憲, 山下大輔, 徐鉉雄, 板垣奈穂, Attri Pankaj, Eun Ha Choi, 田中昭代
2 . 発表標題 大気圧DBD装置の活性種照射量の放電電力密度依存性
3 . 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shiratani, T. Sarinont, Y. Wada, R. Katayama, Y. Oide, K. Koga
2. 発表標題 Effects of atmospheric pressure plasma to various plant families on plant growth enhancement
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

プラズマ工学研究室 http://plasma.ed.kyushu-u.ac.jp/index.html
--

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	中津 可道 (Nakatsu Yoshimichi) (00207820)	九州大学・医学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	朽津 和幸 (Kuchitsu Kazuyuki) (50211884)	東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授 (32660)	
研究分担者	石橋 勇志 (Ishibashi Yushi) (50611571)	九州大学・農学研究院・准教授 (17102)	