

令和 6 年 5 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H04451

研究課題名(和文) プラズマ生成フリーラジカル非平衡反応場の液相時空間解析

研究課題名(英文) Spatiotemporal analysis of aqueous reaction field of plasma-generated free radicals

研究代表者

石川 健治 (Ishikawa, Kenji)

名古屋大学・低温プラズマ科学研究センター・教授

研究者番号：60417384

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では「プラズマ生成ラジカルが誘起する逐次連鎖反応はどのように進んでいるか？」との問いに焦点を絞り、プラズマが溶液内に生成したラジカルを起点とする逐次連鎖反応で生じる複数の『プラズマ誘起活性種』の検出・解析を遂行してきた。液相ラジカルの反応は有機分子の合成・修飾・分解、官能基の置換、C3(炭素原子が三つの化合物)からC4、C5への付加、C2、C1への分解、に大別され、これらの液相ラジカルの反応は、非熱的に連鎖してラジカル発生する。この非平衡に進む化学反応について計測科学の粋を集めることによって、液相ラジカルの反応の解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プラズマバイオ研究において、大気圧低温プラズマが生体に与える作用の学理が探究されており、核心をなす学術的な問いに「プラズマによって細胞内代謝に変動が及ぼされる要因とその作用機構」が投げかけられている。がん細胞死滅などの新奇に及ぼす生体作用の根幹には、プラズマが照射された液相中に生成するラジカルを起因とし、特異に高い濃度でラジカル群によって細胞内代謝変動などに発展する。この未知の機構を解明することによって、プラズマが生成する液相ラジカルの役割を逆に、その逐次連鎖的に生じる反応の解析から、それらの作用を意図的に引き起こし、細胞内化学反応(代謝)の変動を制御することが可能となった。

研究成果の概要(英文)：This study focused on answering the question, "How do sequential chain reactions induced by radicals produced in plasma proceed?" We succeeded in detecting and analyzing multiple "plasma-induced active species" generated by sequential chain reactions initiated by radicals produced by plasma in solution. Reactions of liquid-phase radicals are broadly classified into three categories: synthesis, modification, and decomposition of organic molecules, including I) substitution of functional groups, II) addition of C3 (compounds with three carbon atoms) to C4 and C5, and III) decomposition to C2 and C1. The reactions of these liquid-phase radicals have been elucidated by the best of measurement science.

研究分野：プラズマ応用科学

キーワード：プラズマ 液相ラジカル

1. 研究開始当初の背景

放電プラズマによる抗腫瘍作用などの新奇現象が発見されるに連れ、プラズマの生体作用機構は何か？が問われ、プラズマと生体との相互作用に関する疑問が湧いてきた。プラズマ中では高速電子が分子と衝突してフリーラジカルを生成し、このラジカルが起点となり、逐次連鎖反応により、次々と別のラジカルが生じている。それらのラジカルの作用は、細胞内代謝を変動することがわかってきている (K. Ishikawa et al., Arch. Biochem. Biophys. 688, 108414 (2020)).

本研究では「プラズマ生成ラジカルが誘起する逐次連鎖反応は、どのように進んでいるのか？」との問いに焦点を絞り、プラズマ生成ラジカルを起点とする逐次連鎖反応で生成する複数のラジカルを $\mu\text{s} \cdot \text{mm}$ の時空間分解能で検出・解析し、得られた結果を総括する必要があった。このプラズマが誘起する液相に生じる非平衡反応場内のラジカルの反応と、逐次連鎖的に進行するラジカル誘起反応について体系的に理解することが求められていた。

近年、「大気圧低温プラズマ」の発生源が開発され、液体をはじめ、生体組織へのプラズマ照射が可能となった。発生源内でガスは、電子の衝突作用で温度上昇すると同時に、その熱は特性距離と時定数をもって散逸して冷却される。この冷却効果を制御することでガス温度上昇をすることなく、電子密度 10^{15} cm^{-3} と高い値をもつ低温プラズマが実現している。この時、ラジカルの密度は、概ね $>10^{12} \text{ cm}^{-3}$ が得られている。これほど高いラジカル密度は放射線化学や光化学などの他の物理プロセスにはなく、高い濃度で限局した領域にラジカルの作用が及ぶことが、大気圧低温プラズマ科学の特徴である (H. Uchiyama, K. Ishikawa et al. PLoS One 10 (8), e0136956 (2015)).

直近の研究成果から、プラズマが液相に短寿命活性種、いわばラジカルを生成することが分かり、プラズマを静脈点滴用途の乳酸リンゲル液に照射した場合、そのプラズマ活性液 (Plasma activated Ringer's lactate solution, PAL) は、正常細胞には影響せず、がん細胞を死滅させる選択的抗腫瘍効果をもつことを示した [特許国際公開 WO2016-103695, H. Tanaka, K. Ishikawa et al, Scientific Report, 6, 36282 (2016) 他]。この報告では、プラズマ起因で液相中に発生するラジカルが起点となって逐次連鎖的な反応が進み、液相のプラズマ誘起活性種を生成し、その特異的な生体作用が本質であると示された。現在、プラズマが誘起するラジカルと生体に顕れる変化の関係について、徐々に解明が進んできている。しかしながら、プラズマと液体との相互作用の過程で、どのような液相中で反応が連鎖発生して進行しているのか？、その過程におけるラジカルの作用は明らかとなっておらず、プラズマ誘起の高濃度『液相ラジカルの反応』場の学理が構築されることが切に望まれている状況であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、新興プラズマバイオ分野において大気圧低温プラズマの生体作用の学理の探究であり、核心をなす「プラズマによって細胞内代謝に変動が及ぼされる要因とその作用機構」について学術的に探究することである。このようなプラズマが新奇に及ぼす作用が顕れる前に、まず液相中へのプラズマ起因のラジカル生成に注目しなければならない。なぜなら、特異的に高い濃度の数多のラジカル群が細胞に作用するので、その結果として細胞内代謝変動が顕れる。この一連の、ラジカル生成、そして細胞内代謝に変動をもたらす逐次連鎖的に生じる反応を解析する。

乳酸分子には炭素 3 原子を構成する C3 (炭素原子が三つの化合物) である。この乳酸を対象に考えた場合、液相ラジカルの反応は有機分子の合成・修飾・分解, I) 官能基の置換, II) C3 から C4, C5 への付加, III) C2, C1 への分解, に大別される。これらの液相ラジカルの反応は、非熱的に連鎖してラジカル発生する特徴を有する。本研究では、プラズマ特異の非平衡化学反応を解析するアプローチを進めてきた。

このプラズマ科学研究の領域の発展は、世界的に着目される状況にもあり、本研究では、この大気圧低温プラズマの特徴でもあるプラズマ密度が桁違いに大きい反応場での液相ラジカル反応を $\text{mm} \cdot \mu\text{s}$ 時空間分解能で計測することに取り組んできた。

本研究での学術的な「問い」には、

(1) プラズマで生じたラジカルの液相連鎖反応は、どのように進んでいるのか？ 例えば、プラズマ照射溶液内で、多量の OH・ラジカルの生成について実測してきた (Kurake, Ishikawa et al., J. Phys. D, 50, 155202 (2017)). その生成 OH・ラジカルをはじめ、O 原子, O_2 一重項, O_2^- ・アニオンラジカルなど、お互いが関与しながら液相中での反応は、逐次連鎖的に進展する。その過程において、物質の移動や拡散を考慮し、反応場の観察スケールを時空間において $\text{mm} \cdot \mu\text{s}$ レベルでの解析が必要不可欠であった。

既に、低温大気圧プラズマを液体に接触させた系の反応生成物の拡散・輸送現象を観測している (Brubaker, Ishikawa et al., J. Phys. D, 52, 075203 (2019)). 液中での特異性は、例えば、有機物もつ水素は、生成された OH・ラジカルにより、水素引き抜き反応を受けると二次的なラジカル ($\text{R-H} + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{R}\cdot + \text{H}_2\text{O}$) を生成し、その生成過程 (化合物構成元素 C・, O・, N・, S・等も ESR 検出候補として付加や酸化還元触媒の反応) には複数種の液相活性種を生じる。このような複雑な液相活性種生成の解析は、これまであまり学問が取り組まれてこなかった領域であり、液相ラジカルの反応の全容の解明を目的に研究を遂行した。

3. 研究の方法

大気圧プラズマを乳酸リンゲル液に照射した時に生じるプラズマ誘起の化学反応について mm・μs 時空間オーダーで発生する有機物の検出に着目して実施した。プラズマ処理した乳酸溶液内で発生する有機物を解析した。典型的な条件でプラズマを5分程度照射している。これまでに OH・ラジカルや有機ラジカルのスピントラッピング ESR 法による計測に成功している [Uchiyama, Ishikawa et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 51, 095202 (2018).]. 本研究では、ラジカル検出を DNBNS (3,5-ジブromo-4-ニトロソベンゼンスルホン酸ナトリウム) 試薬で行った。核磁気共鳴分光 (NMR) 法による ^1H の分子構造を解析した。高速液体クロマトグラフィーに時間飛行型の質量分析により物質同定を行った。念のため、ガスクロマトグラフィーもおこない、揮発性の成分についての解析も追加した。

4. 研究成果

液体クロマトグラフィーでは、照射後に乳酸から別の有機物が生成されていることが明らかとなり、質量分析の結果より、ギ酸メチル、ピルビン酸、グリオキシル酸、シュウ酸、2,3-ジメチル酒石酸と同定された。これらは ^1H -NMR によっても確認された。(図1) 化学シフトが 8.35, 3.83, 2.27, 1.82, 1.26 (ppm) に検出ピークが存在し、これらより、さらにギ酸やグリオキシル酸、グリコール酸、ピルビン酸、酢酸などの生成が確認された。

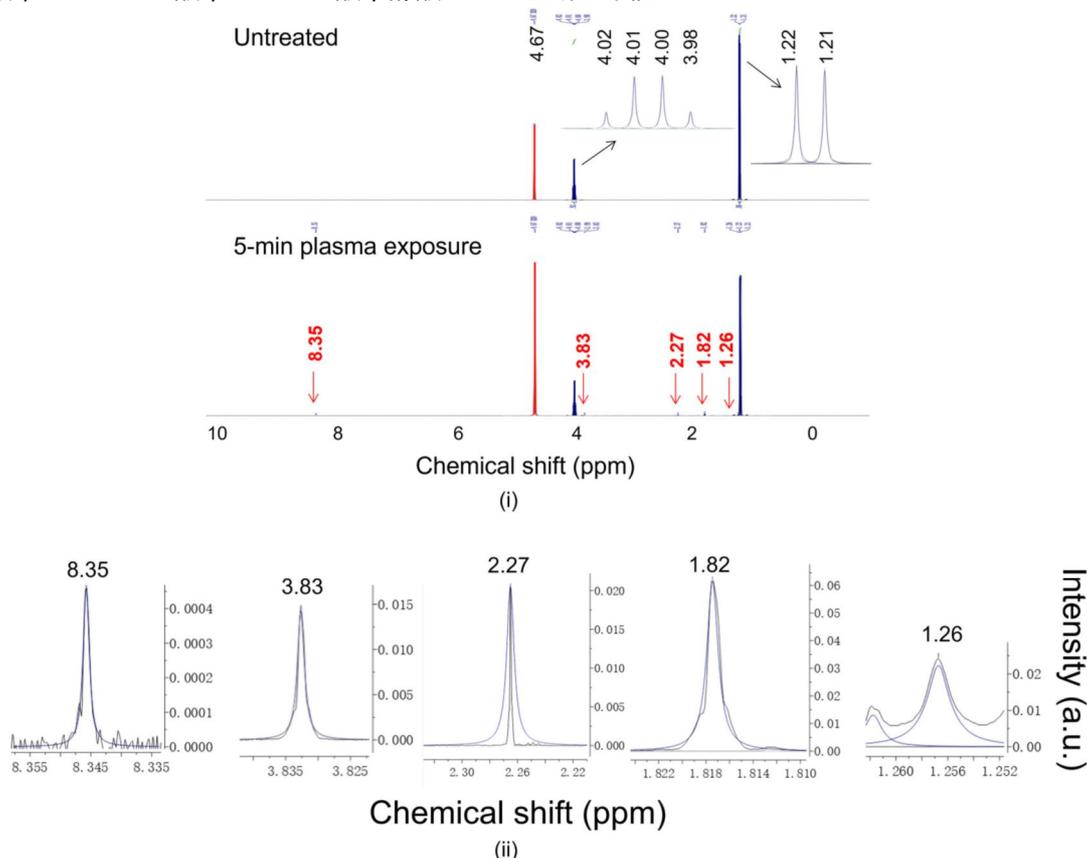


図1 乳酸含有溶液に大気圧プラズマ照射によって生成する有機物の ^1H -NMR の測定結果 (Y. Liu, K. Ishikawa, et al., Plasma Process Polym. 20, 2200193 (2023).)

ガスクロマトグラフィーの測定結果を総合して、大気圧プラズマ照射によって生成する有機物群の同定結果をまとめた。検出された重要な化学物質について、その反応経路を考察する。2,3-ジメチル酒石酸の生成の反応経路について示す。(図2) 乳酸の β 位の炭素から脱水素反応により、乳酸ラジカルを生成する。このラジカルを経由して二量体化することで、2,3-ジメチル酒石酸が生成する。



図2 化学反応スキーム。乳酸から C 中心ラジカルの生成を介した二量体化による酒石酸ジメチルの生成反応経路 (Y. Liu, K. Ishikawa, et al., Plasma Process Polym. 20, 2200193 (2023).)

有機物の生成と、これまでに調べてきてわかっている過酸化水素 (H_2O_2) の生成から次の反応機構を解明した。(図3)スピントラップ法により検出されるラジカル種を考慮にいれ、グリオキシル酸とピルビン酸はカルボニル基を有しており、 H_2O_2 のスカベンジ反応を進行させる。この反応で、それぞれのアルデヒド骨格をもつ過酸化物が生成し、それらを中間体とするギ酸や酢酸の生成に至る。

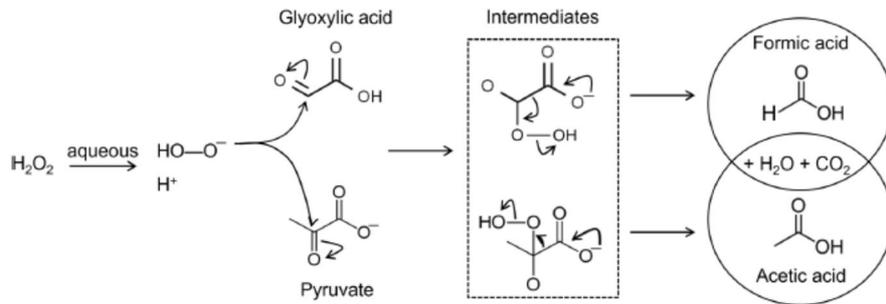


図3 化学反応スキーム．過酸化水素スカベンジを伴うアルデヒド酸化反応と過酸化物中間体の生成 (Y. Liu, K. Ishikawa, et al., Plasma Process Polym. 20, 2200193 (2023).)

一方、グリコールアルデヒドが中間体の一つとして想定される。ガスクロマトグラフィーで検出される化合物にジヒドロキシ・フマル酸があり、このグリコールアルデヒドの生成を想定すると、その反応によって生成すると考えられる。ラジカル検出からも $\text{CHO}\cdot$ と $\text{CH}_2\text{OH}\cdot$ のラジカルがあることから、グリコールアルデヒド経由の反応の重要性が注目させる。さらに、 H_2O_2 や $\text{CH}_3\cdot$ が関与する反応によって、ジヒドロキシ・フマル酸の $\text{C}=\text{C}$ 二重結合が攻撃され、2,3-ジメチル酒石酸の生成に至る。同時に、脱酸素反応によってジヒドロキシ・フマル酸の断片化によってグリコール酸とシュウ酸を生成する。(図4)

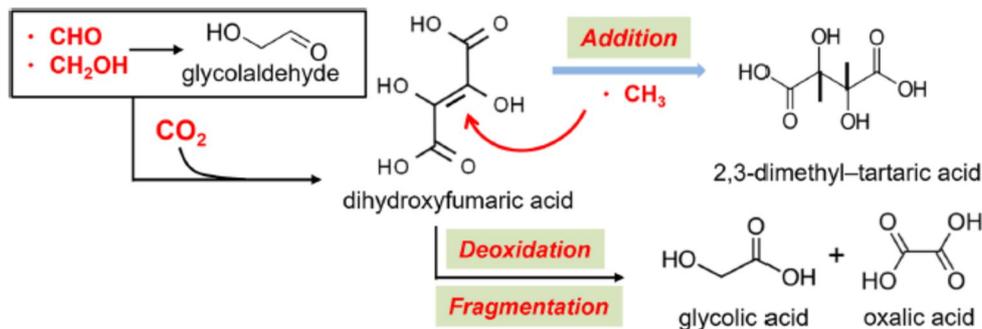


図4 化学反応スキーム．別経路でジヒドロキシ・フマル酸にメチル付加による酒石酸ジメチルの生成、脱酸素反応による断片化によってグリコール酸やシュウ酸が生成 (Y. Liu, K. Ishikawa, et al., Plasma Process Polym. 20, 2200193 (2023).)

さらに複雑な反応過程を想定した。乳酸分子へのラジカル攻撃により脱水素化し、生じる中間体が関与するエステル化反応によっても 2,3-ジメチル酒石酸を生成する。(図5)

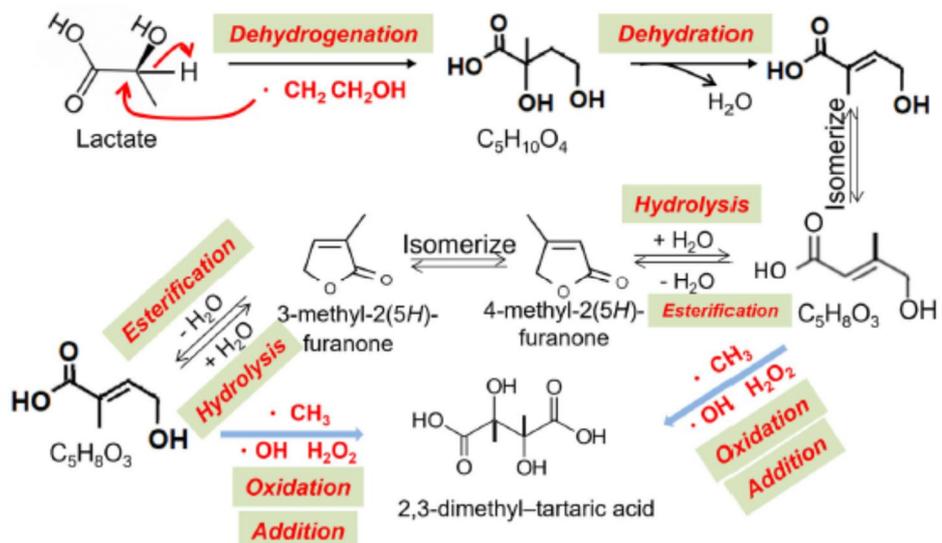


図5 化学反応スキーム．溶液中で種々の有機酸とアルコールの反応によるエステル化の進行から有機物の生成経路 (Y. Liu, K. Ishikawa, et al., Plasma Process Polym. 20, 2200193 (2023).)

プラズマの乳酸含有溶液への照射によって、系の温度を上げることなく、非常に複雑な化学反応を見ることが初めて明らかにされた。これらの最終生成物の分析に加え、中間体を決定付けるラジカル生成の検出を見ることで、多様な液相非平衡化学反応場の形成について解明した。この研究では、乳酸を含む水溶液に大気圧プラズマを照射して生じる液相反応に関連する主要な中間体を伴う反応経路を解明した。プラズマを照射した時には、乳酸分子のラジカルを生成し、活性化されることで、ラジカル誘起の液相反応に関連する反応経路を特定することができた。プラズマで活性化された溶液中の有機物を $^1\text{H-NMR}$ と LC-MS を用いて分析した。ギ酸、酢酸、ピルビン酸など有機酸が検出された、アルデヒド基をもつピルビン酸が検出され、グリオキシル酸 および 2,3-ジメチル酒石酸も検出された。さまざまな有機低分子にはアルコールと有機酸の成分、エタノール、アセトアルデヒドなどが、GC-MS で検出された。 H_2O_2 がアルデヒドやケトンを含む溶液中でスカベンジされる。有機ラジカルを ESR で分析し、 $-\text{CH}_3\cdot$ 、 $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}/-\text{CH}_2\text{COO}\cdot$ 、 $-\text{CH}_2\text{OH}\cdot$ 、 $-\text{COO}\cdot$ の有機ラジカルを生成している。これらの中間的な短寿命ラジカルの生成は、生体にも作用し、様々な生体への影響の要因として働いている可能性を初めて示した。

プラズマ科学の分野を基盤に、さらに細胞内代謝変動を理解して、がん治療や農業増産にも発展する新しい工学の構築を目指して研究を遂行してきた。これまでの研究ではプラズマの生体作用の現象が見出されてきたが、現象論の域に留まっており、真にがん治療や農業増産などに貢献するためにも、液相ラジカルの非平衡反応場での挙動を解明し、所望の時空間で生体影響をもたらす液相ラジカルを生成する技術のさらなる開発が不可欠である。すなわち、プラズマ科学の分野を基盤に、液相ラジカルによって惹起される代謝変動の機構解明を通じて、その新しい細胞代謝工学の構築した(図6)。

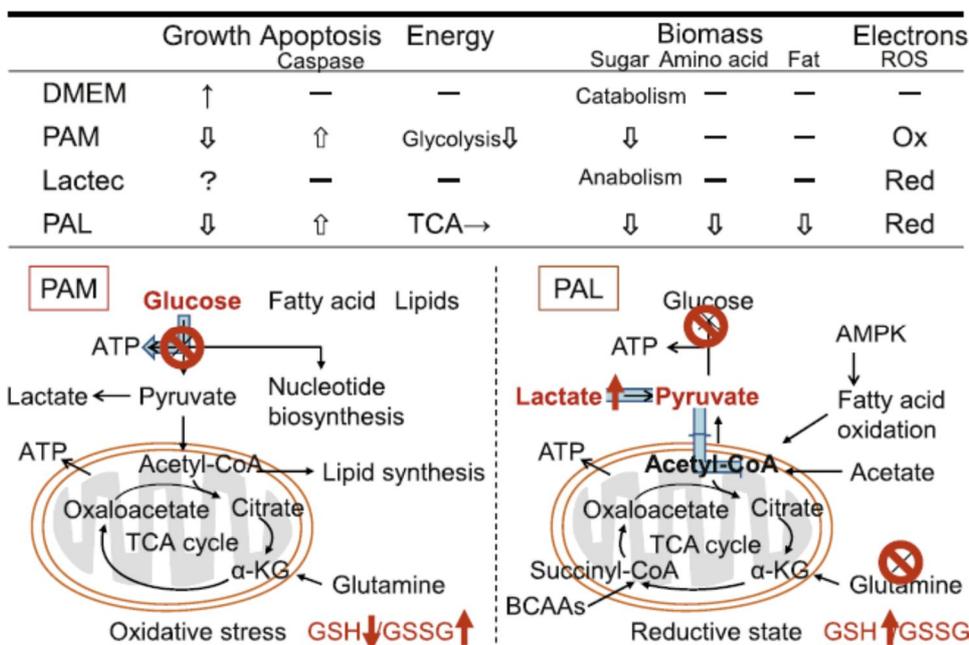


図6 プラズマ照射溶液内の細胞培養によって生じる代謝変化のまとめ(K. Ishikawa et al., Arch. Biochem. Biophys. 688, 108414 (2020).)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 31件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 10件）

| | |
|---|---------------------------------|
| 1. 著者名 Ito Daiki, Iwata Naoyuki, Ishikawa Kenji, Nakamura Kae, Hashizume Hiroshi, Miron Camelia, Tanaka Hiromasa, Kajiyama Hiroaki, Toyokuni Shinya, Mizuno Masaaki, Hori Masaru | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Cytotoxicity of plasma-irradiated lactate solution produced under atmospheric airtight conditions and generation of the methyl amino group | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Express | 6. 最初と最後の頁 056001 ~ 056001 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac6360 | 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 Kondo Hiroki, Hamaji Ryo, Amano Tomoki, Ishikawa Kenji, Sekine Makoto, Hiramatsu Mineo, Hori Masaru | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 In liquid plasma synthesis of iron?nitrogen doped carbon nanoflakes with high catalytic activity | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Plasma Processes and Polymers | 6. 最初と最後の頁 2100203 ~ 2100203 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ppap.202100203 | 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 Takeda Keigo, Ishikawa Kenji, Hori Masaru | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Wide range applications of process plasma diagnostics using vacuum ultraviolet absorption spectroscopy | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Reviews of Modern Plasma Physics | 6. 最初と最後の頁 13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41614-022-00075-3 | 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 Inoue Kenichi, Sakakibara Noritaka, Goto Taku, Ito Tsuyohito, Shimizu Yoshiki, Hakuta Yukiya, Ishikawa Kenji, Hori Masaru, Terashima Kazuo | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Carbon Layer Formation on Hexagonal Boron Nitride by Plasma Processing in Hydroquinone Aqueous Solution | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 53413 ~ 53420 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acсами.2c15951 | 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 Xi Deng-Ke, Zhang Xian-Hui, Yang Si-Ze, Yap Seong Shan, Ishikawa Kenji, Hori Masaru, Yap Seong Ling | 4. 巻 31 |
| 2. 論文標題 Impact of microsecond-pulsed plasma-activated water on papaya seed germination and seedling growth | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chinese Physics B | 6. 最初と最後の頁 128201 ~ 128201 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1674-1056/ac904e | 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 Sakai Ryusei, Kondo Hiroki, Ishikawa Kenji, Ohta Takayuki, Hiramatsu Mineo, Tanaka Hiromasa, Hori Masaru | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Effects of High-Quality Carbon Nanowalls Ionization-Assisting Substrates on Surface-Assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry Performance | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Nanomaterials | 6. 最初と最後の頁 63 ~ 63 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano13010063 | 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 Liu Yang, Nakatsu Yoshimichi, Tanaka Hiromasa, Koga Kazunori, Ishikawa Kenji, Shiratani Masaharu, Hori Masaru | 4. 巻 45 |
| 2. 論文標題 Effects of plasma-activated Ringer 's lactate solution on cancer cells: evaluation of genotoxicity | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Genes and Environment | 6. 最初と最後の頁 3 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41021-023-00260-x | 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 Ghodke Swapnil, Murashima Motoyuki, Christy Dennis, Van Nong Ngo, Ishikawa Kenji, Oda Osamu, Umehara Noritsugu, Hori Masaru | 4. 巻 862 |
| 2. 論文標題 Mechanical properties of maze-like carbon nanowalls synthesized by the radial injection plasma enhanced chemical vapor deposition method | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A | 6. 最初と最後の頁 144428 ~ 144428 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2022.144428 | 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 Takashi Kondo, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 Free radical formation induced by cold atmospheric plasma and its biological implications- Comparison with ionizing radiation- (低温大気圧プラズマによるフリーラジカル生成とその生物学的意義) | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 化学工業 | 6. 最初と最後の頁 120 ~ 126 |
| 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 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 Ono Koki, Koide Takashi, Ishikawa Kenji, Tanaka Hiromasa, Kondo Hiroki, Sugawara-Narutaki Aya, Jin Yong, Yasuhara Shigeo, Hori Masaru, Takeuchi Wakana | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Biocompatibility of conformal silicon carbide on carbon nanowall scaffolds | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA1017 ~ SA1017 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac9319 | 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 Kambara Makoto, Kawaguchi Satoru, Lee Hae June, Ikuse Kazumasa, Hamaguchi Satoshi, Ohmori Takeshi, Ishikawa Kenji | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Science-based, data-driven developments in plasma processing for material synthesis and device-integration technologies | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA0803 ~ SA0803 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac9189 | 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 Xi Deng-Ke, Yap Seong Ling, Naresh Kumar Nitturi, Toh Chian Cheng, Ishikawa Kenji, Hori Masaru | 4. 巻 52 |
| 2. 論文標題 Plasma-Assisted Priming: Improved Germination and Seedling Performance of Papaya | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Sains Malaysiana | 6. 最初と最後の頁 599 ~ 611 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17576/jsm-2023-5202-21 | 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 Tanaka Hiromasa, Mizuno Masaaki, Ishikawa Kenji, Miron Camelia, Okazaki Yasumasa, Toyokuni Shinya, Nakamura Kae, Kajiyama Hiroaki, Hori Masaru | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 Plasma activated Ringer 's lactate solution | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Free Radical Research | 6. 最初と最後の頁 14 ~ 20 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10715762.2023.2182663 | 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 Tanaka Hiromasa, Iwata Daijiro, Shibata Yuki, Hase Tetsunari, Onoshima Daisuke, Yogo Naoyuki, Shibata Hirofumi, Sato Mitsuo, Ishikawa Kenji, Nagasawa Ikuo, Hasegawa Yoshinori, Ishii Makoto, Baba Yoshinobu, Hori Masaru | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 High-performance glass filters for capturing and culturing circulating tumor cells and cancer-associated fibroblasts | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 4130 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-31265-9 | 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 Onoshima Daisuke, Hase Tetsunari, Kihara Naoto, Kuboyama Daiki, Tanaka Hiromasa, Ozawa Naoya, Yukawa Hiroshi, Sato Mitsuo, Ishikawa Kenji, Hasegawa Yoshinori, Ishii Makoto, Hori Masaru, Baba Yoshinobu | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Leukocyte Depletion and Size-Based Enrichment of Circulating Tumor Cells Using a Pressure-Sensing Microfiltration Device | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Measurement Science Au | 6. 最初と最後の頁 113 ~ 119 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmesuresciau.2c00057 | 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 Okazaki Yasumasa, Ito Nanami, Tanaka Hiromasa, Hori Masaru, Toyokuni Shinya | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 Non-thermal plasma elicits ferrous chloride-catalyzed DMPO-OH | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Free Radical Research | 6. 最初と最後の頁 595 ~ 606 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10715762.2022.2157272 | 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 Sato Kotaro, Fujii Kouki, Tanaka Hiromasa, Hori Masaru, Hibi Hideharu, Toyokuni Shinya | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 Exposure of low-temperature plasma after vaccination in tongue promotes systemic IgM induction against spike protein of SARS-CoV-2 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Free Radical Research | 6. 最初と最後の頁 30 ~ 37 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10715762.2023.2190486 | 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 近藤隆、橋爪博司、田中宏昌 石川健治、堀勝 | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 低温大気圧プラズマによるフリーラジカル生成とその生物学的意義-放射線との比較- | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 化学工業 | 6. 最初と最後の頁 120 ~ 126 |
| 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 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 Liu Yang, Ishikawa Kenji, Miron Camelia, Hashizume Hiroshi, Tanaka Hiromasa, Hori Masaru | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 Hydrogen peroxide in lactate solutions irradiated by non-equilibrium atmospheric pressure plasma | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plasma Sources Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 04LT03 ~ 04LT03 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6595/abbbd4 | 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 Yamato Masanori, Tamura Yasuhisa, Tanaka Hiromasa, Ishikawa Kenji, Ikehara Yuzuru, Hori Masaru, Kataoka Yosky | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Brain cell proliferation in adult rats after irradiation with nonequilibrium atmospheric pressure plasma | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Express | 6. 最初と最後の頁 067002 ~ 067002 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac03c1 | 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 Jiang Li, Zheng Hao, Lyu Qinying, Hayashi Shotaro, Sato Kotaro, Sekido Yoshitaka, Nakamura Kae, Tanaka Hiromasa, Ishikawa Kenji, Kajiyama Hiroaki, Mizuno Masaaki, Hori Masaru, Toyokuni Shinya | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 Lysosomal nitric oxide determines transition from autophagy to ferroptosis after exposure to plasma-activated Ringer's lactate | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Redox Biology | 6. 最初と最後の頁 101989 ~ 101989 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.redox.2021.101989 | 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 Tanaka Hiromasa, Mizuno Masaaki, Ishikawa Kenji, Toyokuni Shinya, Kajiyama Hiroaki, Kikkawa Fumitaka, Hori Masaru | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 Cancer Treatments Using Low-Temperature Plasma | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Current Medicinal Chemistry | 6. 最初と最後の頁 8549 ~ 8558 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/0929867328666210629121731 | 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 石川健治, 橋爪博司, カメリアミロン, 田中宏昌, 堀勝 | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 Effects of free radicals generated by atmospheric pressure plasma on physical actions and biochemical relaxations (PACR) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 放射線生物研究 | 6. 最初と最後の頁 280-294 |
| 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 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 Tanaka Hiromasa, Hosoi Yugo, Ishikawa Kenji, Yoshitake Jun, Shibata Takahiro, Uchida Koji, Hashizume Hiroshi, Mizuno Masaaki, Okazaki Yasumasa, Toyokuni Shinya, Nakamura Kae, Kajiyama Hiroaki, Kikkawa Fumitaka, Hori Masaru | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Low temperature plasma irradiation products of sodium lactate solution that induce cell death on U251SP glioblastoma cells were identified | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 18488 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-98020-w | 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 Tanaka Hiromasa, Maeda Shogo, Nakamura Kae, Hashizume Hiroshi, Ishikawa Kenji, Ito Mikako, Ohno Kinji, Mizuno Masaaki, Motooka Yashiro, Okazaki Yasumasa, Toyokuni Shinya, Kajiyama Hiroaki, Kikkawa Fumitaka, Hori Masaru | 4. 巻 18 |
| 2. 論文標題 Plasma activated Ringer's lactate solution inhibits the cellular respiratory system in HeLa cells | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plasma Processes and Polymers | 6. 最初と最後の頁 2100056 ~ 2100056 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ppap.202100056 | 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 石川健治, 堀勝 | 4. 巻 45 |
| 2. 論文標題 プラズマがん治療 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 静電気学会 | 6. 最初と最後の頁 206-212 |
| 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 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 Tanaka Hiromasa, Matsumura Shogo, Ishikawa Kenji, Hashizume Hiroshi, Ito Masafumi, Nakamura Kae, Kajiyama Hiroaki, Kikkawa Fumitaka, Ito Mikako, Ohno Kinji, Okazaki Yasumasa, Toyokuni Shinya, Mizuno Masaaki, Hori Masaru | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Enhancement of ethanol production and cell growth in budding yeast by direct irradiation of low-temperature plasma | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA1007 ~ SA1007 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac2037 | 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 Ishikawa Kenji | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Perspectives on functional nitrogen science and plasma-based in situ functionalization | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA0802 ~ SA0802 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac3558 | 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 Kumagai Shinya, Nishigori Chikako, Takeuchi Tetsuya, Bruggeman Peter, Takashima Keisuke, Takahashi Hideki, Kaneko Toshiro, Choi Eun Ha, Nakazato Kazuo, Kambara Makoto, Ishikawa Kenji | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Towards prevention and prediction of infectious diseases with virus sterilization using ultraviolet light and low-temperature plasma and bio-sensing devices for health and hygiene care | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA0808 ~ SA0808 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac1c3d | 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 Kaneko Toshiro, Kato Hiromitsu, Yamada Hideaki, Yamamoto Muneaki, Yoshida Tomoko, Attri Pankaj, Koga Kazunori, Murakami Tomoyuki, Kuchitsu Kazuyuki, Ando Sugihito, Nishikawa Yasuhiro, Tomita Kentaro, Ono Ryo, Ito Tsuyohito, Ito Atsushi M., Eriguchi Koji, Nozaki Tomohiro, Tsutsumi Takayoshi, Ishikawa Kenji | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Functional nitrogen science based on plasma processing: quantum devices, photocatalysts and activation of plant defense and immune systems | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA0805 ~ SA0805 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac25dc | 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 Ichikawa Tomonori, Ishikawa Kenji, Tanaka Hiromasa, Shimizu Naohiro, Hori Masaru | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Scaffolds with isolated carbon nanowalls promote osteogenic differentiation through Runt-related transcription factor 2 and osteocalcin gene expression of osteoblast-like cells | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 AIP Advances | 6. 最初と最後の頁 025216 ~ 025216 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0075530 | 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 - |

〔学会発表〕 計52件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 51件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kenji Ishikawa |
| 2. 発表標題 Plasma medicine and plasma bio related phenomena |
| 3. 学会等名 MRS Spring Meetings & Exhibits (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiromasa Tanaka, Masaaki Mizuno, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Kae Nakamura, Hiroaki Kajiyama, Fumitaka Kikkawa, Yasumasa Okazaki, Shinya Toyokuni, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Gene Expression Analysis of Plasma Activated Ringer 's Lactate Solution Treated Cells |
| 3. 学会等名 MRS Spring Meetings & Exhibits (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiromasa Tanaka, Masaaki Mizuno, Kenji Ishikawa, Camelia Miron, Hiroaki Kajiyama, Shinya Toyokuni, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Molecular mechanisms of cell death by plasma-activated solutions in glioblastoma cells |
| 3. 学会等名 9th International Conference on Plasma Medicine (ICPM9) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroaki Kajiyama, Kae Nakamura, Hiromasa Tanaka, Masaaki Mizuno, Kenji Ishikawa, Shinya Toyokuni, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 The aqueous plasma therapy for ovarian cancer -Aiming for controlling disseminated peritoneal metastasis- |
| 3. 学会等名 9th International Conference on Plasma Medicine (ICPM9) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Camelia Miron, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Hiroaki Kajiyama, Shinya Toyokuni, Masaaki Mizuno, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Physicochemical Investigation of Plasma Activated Liquids Organically Engineered by Cold Atmospheric Pressure Plasma for Cancer Treatment |
| 3. 学会等名 9th International Conference on Plasma Medicine (ICPM9) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Kaoru Sanda, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Susumu Nikawa, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Effectiveness of Plasma Treatment for Various Rice Cultivation |
| 3. 学会等名 9th International Conference on Plasma Medicine (ICPM9) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kae Nakamura, Kazuya Sugiyama, Nobuhisa Yoshikawa, Masato Yoshihara, Tetsuya Matsukawa, Hiromasa Tanaka, Masaaki Mizuno, Shinya Toyokuni, Masaru Hori and Hiroaki Kajiyama |
| 2. 発表標題 Immunostimulatory Effect of Plasma-Activated Solutions in the Intraperitoneal Environment of Ovarian Cancer |
| 3. 学会等名 9th International Conference on Plasma Medicine (ICPM9) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiroki KONDO, Takayoshi TSUTSUMI, Kenji ISHIKAWA, Masaru HORI |
| 2. 発表標題 Interfacial reaction of gas-liquid plasma in the synthesis of functional carbon nanomaterials |
| 3. 学会等名 5th International Union of Materials Research Societies International Conference of Young Researchers on Advanced Materials (IUMRS-ICYRAM2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Pankaj Attri, Takamasa Okumura, Fadzai L. Chawarambwa, Tika E. Putri, Nozomi Takeuchi, Kazunori Koga, Kenji Ishikawa, Kunihiro Kamataki, and Masaharu Shiratani |
| 2. 発表標題 Effect of reactive nitrogen species mainly nitric oxide on the germination of radish seeds |
| 3. 学会等名 5th International Union of Materials Research Societies International Conference of Young Researchers on Advanced Materials (IUMRS-ICYRAM2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Kondo, T. Tsutsumi, K. Ishikawa, M. Sekine, and M. Hori |
| 2. 発表標題 Synthesis, Functionalization, and Three-Dimensional Structuring of Carbon Nanomaterials By Gas-Liquid Interface Plasma |
| 3. 学会等名 242nd ECS Meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Ishikawa, Masaru Hori, and Toshiro Kaneko |
| 2. 発表標題 Plasma-based in situ functionalization based on functional nitrogen science |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Ranjit R. Borude, Reiko Tanaka, Kenji Ishikawa, Hiroki Hosoe, Satoshi Ino, Yosuke Inoue, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Novel Hydrogen Generation Study Applying Rebound Tailing Pulse and Wet Electrode Methods |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takumi Hashimoto, Hiroki Kondo, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Takayoshi Tsutsumi, Makoto Sekine, Takao Yasui, Yoshinobu Baba, Mineo Hiramatsu, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Highly efficient exosome capture by carbon nanowalls template |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiromasa Tanaka, Masaaki Mizuno, Ayako Tanaka, Yuki Shibata, Kenji Ishikawa, Hiroki Kondo, Hiroshi Hashizume, Camelia Miron, Yasumasa Okazaki, Shinya Toyokuni, Kae Nakamura, Hiroaki Kajiyama, Fumitaka Kikkawa, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Comprehensive analysis of gene expression in PAL-treated glioblastoma cells |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Kaoru Sanda, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Shih-Nan Hsiao, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Yoji Hirotsue, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Various approaches of cold plasma treatment to brewer's rice plant for improvement of grain quality |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kenji Ishikawa, Takashi Kondo, Hiromasa Tanaka, Masaru Hori, Shinya Toyokuni, Masaaki Mizuno |
| 2. 発表標題 Biological effects of the combination with low temperature plasmas and nanoparticles-platinum and gold-Plasma Medical & Agricultural Application |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shinji Yoshimura, Yoko Otsubo, Akira Yamashita, Katsuki Johzuka, Takayoshi Tsutsumi, Kenji Ishikawa, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Development of an experimental system for cell viability assays of yeasts using gas-temperature controllable plasma jets |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Taiga Nishida, Naoyuki Iwata, Tomiyasu Murata, Hiromasa Tanaka, Masaru Hori, Masafumi Ito |
| 2. 発表標題 Inactivation of Breast Cancer Cells using Nitrogen-Oxygen-Radical-Activated Lactate Ringer's Solution |
| 3. 学会等名 11th International Conference on Reactive Plasmas/2022 Gaseous Electronics Conference (ICRP-11/GEC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiromasa TANAKA, Masaaki MIZUNO, Kenji ISHIKAWA, Hiroaki KAJIYAMA, Shinya TOYOKUNI, Fumitaka KIKKAWA, Masaru HORI |
| 2. 発表標題 Plasma-activated solutions in plasma life science |
| 3. 学会等名 32nd Annual Symposia of Material Research Society of Japan (MRS-J) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Liyin DU, Camelia MIRON, Satoshi KASHIWAGURA, Takashi KONDO, Hiromasa TANAKA, Kenji ISHIKAWA, Masaaki MIZUNO, Shinya TOYOKUNI, Hiroaki KAJIYAMA, Masaru HORI |
| 2. 発表標題 Investigation of anti-tumor effect mechanism by plasma treated L-Arginine solutions |
| 3. 学会等名 32nd Annual Symposia of Material Research Society of Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satoshi KASHIWAGURA, Naoyuki IWATA, Kenji ISHIKAWA, Camelia MIRON, Hiroshi HASHIZUME, Masaru HORI |
| 2. 発表標題 Plasma-activated organics in lactated solution irradiated N2-added plasma |
| 3. 学会等名 32nd Annual Symposia of Material Research Society of Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Ishikawa, Hiromasa Tanaka, Hirokazu Hara, Shin-ichi Kondo, Masafumi Ito, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Plasma-driven science for emerging plasma-processing technologies |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Liyin Du, Carmelia Miron, Saitoshi Kashiwagura, Takashi Kondo, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Masaaki Mizuno, Shinya Toyokuni, Hiroaki Kajiyama, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Investigation of anti-tumor effect mechanism by plasma irradiated L-Arginine solution |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takashi Kondo, Hiroshi Hashizume, Jun Kumagai, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Low temperature plasma chemistry of aqueous solutions of amino acids. A spin trapping study |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuki Kojima, Hiroki Kondo, Masahiro Tanaka, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Morphological control of human mesenchymal stem cells with electrical stimulation on carbon nanowalls |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiroshi Hashizume, Kohei Nakano, Kaoru Sanda, Akiko Abe, Hiroko Mizuno, Manasikan Thammawong, Camelia Miron, Nikolay Britun, Teruaki Shimazu, Hiromasa Tanaka, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Cold plasma treatment during cultivation affects flesh firmness of strawberry fruits |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Kaoru Sanda, Shih-Nan Hsiao, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Yuji Hirotsue, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Control of generating white core in grains of brewer's rice cultivar with direct plasma irradiation to spikelet after flowering |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuya Kurebayashi, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Shinichi Akiyama, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Effects of non-equilibrium atmospheric pressure plasma on zebrafish |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takumi Hashimoto, Hiroki Kondo, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Takayoshi Tsutsumi, Makoto Sekine, Takao Yasui, Yoshinobu Baba, Mineo Hiramatsu and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Morphological effect of carbon nanowalls on exosome capture |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Daichi Goto, Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Masafumi Ito and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Analysis of Effect of Neutral-Oxygen-Radical Irradiation on Biodegradation of Polyethylene Terephthalate using High-Performance Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Deng-Ke Xi, Xian-Hui Zhang, Si-Ze Yang, Seong Shan Yap, Kenji Ishikawa, Masaru Hori and Seong Ling Yap |
| 2. 発表標題 Effects of Plasma Treated Water on Papaya Seed Germination |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Taiga Nishida, Naoyuki Iwata, Tomiyasu Murata, Hiromasa Tanaka, Masaru Hori and Masafumi Ito |
| 2. 発表標題 Effect of Lactate Activated with Nitrogen and Oxygen Radicals on Inactivation of Breast Cancer Cells |
| 3. 学会等名 ISPlasma2023 / IC-PLANTS2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masaru Hori, Hiromasa Tanaka, Masaaki Mizuno, Kenji Ishikawa, Kae Nakamura, Hiroaki Kajiyama, Yasumasa Okazaki, Shinya Toyokuni, and Fumitaka Kikkawa |
| 2. 発表標題 Cell Death Mechanisms by Plasma Activated Medium and Plasma Activated Ringer 's Lactate Solution |
| 3. 学会等名 8th International Conference on Plasma Medicine (ICPM8) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Hiromasa Tanaka, Shogo Maeda, Masaaki Mizuno, Kenji Ishikawa, Kae Nakamura, Hiroaki Kajiyama, Yasumasa Okazaki, Shinaya Toyokuni, M. Ito, K. Ohno, Fumitaka Kikkawa, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 | Analysis of Cellular Respiration in Plasma-activated Solutions-treated Cancer Cells |
| 3. 学会等名 | 8th International Conference on Plasma Medicine (ICPM8) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Kenji Ishikawa, Ryo Arita, Takamasa Okumura, Pankaj Attri, Kazunori Koga, Ryoya Sato, Hayate Tanaka, Masaya Hiromatsu, Kayo Matsuo, Daisuke Yamashita, Kunihiro Kamataki, Naho Itagaki, Masaru Hori, and Masaharu Shiratani |
| 2. 発表標題 | Dynamical Changes in Free-radical Signals of Seeds during Water Imbibition and Seed Germination: Analysis of Plasma-Irradiation Effects Using an Electron Spin Resonance (ESR) Technique |
| 3. 学会等名 | 8th International Conference on Plasma Medicine (ICPM8) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Susumu Nikawa, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 | Efficacy for Rice Plant Growth with Plasma Irradiation to Seeds |
| 3. 学会等名 | 8th International Conference on Plasma Medicine (ICPM8) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Kenji Ishikawa, Ryusei Sakai, Tomonori Ichikawa, Hiroki Kondo, Takayuki Ohta, Mineo Hiramatsu, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 | High ionization of analytes for oxygen doped carbon nanowall in surface-assisted laser desorption ionization mass spectrometry (SALDI-MS) |
| 3. 学会等名 | 20th Interfinish World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Daichi Goto, Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Masafumi Ito, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Development of new biodegradation technology by surface modification of polyethylene terephthalate using atmospheric pressure plasma |
| 3. 学会等名 20th Interfinish World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ma. Shanlene D.C. Dela Vega, Hiroki Kondo, Takayoshi Tsutsumi, Thi-Thuy-Nga Nguyen, Kenji Ishikawa, Makoto Sekine, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Development of the nanocarbon coating process on metal surfaces via in-liquid plasma |
| 3. 学会等名 20th Interfinish World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomonori Ichikawa, Kenji Ishikawa, Naohiro Shimizu, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Nanosecond high-voltage pulse imposed chemical vapor deposition (ns HV CVD) of sparsely isolated carbon nanowalls |
| 3. 学会等名 20th Interfinish World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Swapnil Ghodke, Motoyuki Murashima, Dennis Christy, Ngo Van Nong, Osamu Oda, Noritsugu Umehara, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Deformation properties of carbon nanowalls analyzed by nanoindentation |
| 3. 学会等名 20th Interfinish World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Ishkawa, Hiromasa Tanaka, Hiroaki Kajiyama, Shinya Toyokuni, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Low-temperature plasma-activated solutions and metabolic modification |
| 3. 学会等名 5th Asia Pacific Conference on Plasma Physics, Division of Plasma Physics, Association of Asia-Pacific Physical Societies (AAPPS-DPP2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Ishkawa, Hiromasa Tanaka, Hiroaki Kajiyama, Shinya Toyokuni, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Toward plasma cancer therapy and intracellular metabolic modifications by treatments using low-temperature plasma-activated solutions |
| 3. 学会等名 30th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kenji Ishikawa, Toshiro Kaneko, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Functional nitrogen science for plasma-processing in life and matter |
| 3. 学会等名 Material Research Meeting (MRM 2020) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Ishkawa, Camelia Miron, Takashi Kondo, Hiromasa Tanaka, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Plasma-biological reaction networks and aqueous radical chemistry |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takumi Yamauchi, Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Shin'ichi Akiyama, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Growth promotion of cultured feed Artemia irradiated with low-temperature plasma |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Daiki Ito, Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Kae Nakamura, Camelia Miron, Hiromasa Tanaka, Hiroaki Kajiyama, Shinya Toyokuni, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Production of plasma-activated Ringer's lactate solution with regulated surrounding atmosphere |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satoshi Kashiwagura, Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Camelia Miron, Kae Nakamura, Hiromasa Tanaka, Hiroaki Kajiyama, Shinya Toyokuni, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Anti-tumor effect of plasma-activated solution produced by the flowing system |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Kaoru Sanda, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Susumu Nikawa, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Effects of cold plasma treatment with rice seedlings in a paddy on yield and grain quality for different cultivars |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiromasa Tanaka, Shogo Maeda, Shogo Matsumura, Masaaki Mizuno, Kenji Ishikawa, Masafumi Ito, Hiroshi Hashizume, Mikako Ito, Kinji Ohno, Kae Nakamura, Hiroaki Kajiyama, Fumitaka Kikkawa, Yasumasa Okazaki, Shinya Toyokuni, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Cellular Respiration System Affected by Low-temperature Plasma |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Daichi Goto, Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Masafumi Ito, and Masaru Hori |
| 2. 発表標題 Enhancement of biodegradation technology of polyethylene terephthalate with plasma-pretreatment |
| 3. 学会等名 31st Material Research Society in Japan (MRS-J) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 石川健治 |
| 2. 発表標題 広がるプラズマ材料科学：半導体からバイオまで |
| 3. 学会等名 MRM forum 2021 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|---|
| 堀・石川研究室 https://horilab.nuee.nagoya-u.ac.jp/ 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター https://www.plasma.nagoya-u.ac.jp/ 田中研究室 https://htanakalab.plasma.nagoya-u.ac.jp/ ホームページ https://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/ishikawa/?Home |
|---|

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 | 田中 宏昌 (TANAKA HIROMASA) (00508129) | 名古屋大学・低温プラズマ科学研究センター・教授 (13901) | |
| 研究分担者 | 古閑 一憲 (KOGA KAZUNORI) (90315127) | 九州大学・システム情報科学研究院・教授 (17102) | |

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 |
|---------|---------|
| | |