

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01889

研究課題名(和文) プラズマバイオ科学基盤形成のための活性種時空間分布評価手法の開発

研究課題名(英文) Development of methods to evaluate reactive species' spatial distributions for establishing plasma-bio science bases

研究代表者

伊藤 昌文 (ITO, MASAFUMI)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：10232472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：線維芽細胞の増殖促進効果は、一酸化窒素ラジカル($\text{NO}\cdot$)照射量とのみ強い相関を示すことが分かり、 $\text{NO}\cdot$ が細胞増殖の直接的なトリガーであることを明らかにすることに成功した。また、気液界面から1mm程度の所に線維芽細胞を配置した場合は、20%以上の増殖促進が得られたが、それ以上深いところでは、増殖促進効果がえられないことが判明した。さらに、液相の深さ方向10mm程度を $13\mu\text{m}$ の空間分解能で $440\mu\text{s}$ 刻みで吸光度を測定できるシステムの構築に成功した。この測定システムにより、過酸化水素と亜硝酸、硝酸イオン等の長寿命活性種ではなく、 $\text{NO}\cdot$ や HOONO 等の短寿命活性種が細胞増殖促進に効果があることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果により、気相中のどの活性種をどれくらいの液中深さに存在する培養細胞に照射すると細胞の増殖促進や死滅の効果が表れるかを定量的に高速に空間分布測定することができるシステムの構築に成功した。これらの定量測定データは今後さらに高速化、広帯域化などの改良を加えることで、 OH などの反応性の高い超短寿命活性種密度分布も測定可能となり、気相だけでなく液相での複雑な反応メカニズムの解明に大きく貢献できると考えられる。本システムで蓄積される新たな知見は、その安全性が強く求められる医療分野や農業分野の応用には、必要不可欠な重要な知見を得ることができ、プラズマを用いたバイオ分野の発展に大きく貢献できると考える。

研究成果の概要(英文)：It was found that the proliferation promoting effect of fibroblasts showed a strong correlation only with the irradiation amount of nitric oxide radical ($\text{NO}\cdot$), and succeeded in clarifying that $\text{NO}\cdot$ was a direct trigger of cell proliferation. In addition, it was found that when fibroblasts were placed about 1 mm from the gas-liquid interface, growth promotion was obtained by 20% or more, but the growth promotion effect could not be obtained at deeper places. Furthermore, we have succeeded in constructing a system that can measure the absorbance of the liquid phase at a depth of about 10 mm in increments of $440\mu\text{s}$ with a spatial resolution of $13\mu\text{m}$. This measurement system revealed that short-lived active species such as $\text{NO}\cdot$ and HOONO are effective in promoting cell proliferation, rather than long-lived active species such as hydrogen peroxide, nitrite, and nitrate ion.

研究分野：プラズマバイオ応用

キーワード：大気圧プラズマ 低温プラズマ プラズマバイオ 気相中活性種密度測定 液中活性種密度分布測定
ラジカル 活性酸素種 活性窒素種

1. 研究開始当初の背景

研究開始当時、非平衡（低温）大気圧プラズマを細菌やがん細胞に照射することで、対象物には熱ダメージを与えずに殺菌やがん細胞を不活性化できることが多数報告され、プラズマを医療や農業分野に応用する研究が注目されていた。薬剤による殺菌やがん治療は、薬剤による耐性ができて殺菌や治療ができないことが大きな問題となっている。

一方、低温大気圧プラズマを用いた殺菌やがん治療法は薬剤耐性菌や抗がん剤耐性がん細胞に対しても有効性が示され、それらの実用化が望まれている。これらの分野にプラズマを応用するには、安全性が最重要課題であるが、プラズマ中のどの粒子がどのような菌、細胞や組織にどれくらい照射されると不活性化されるか、未だ系統的に明らかになっていない。

我々は、これらの問題を解決するためにプラズマからの活性な粒子（ラジカル）を選択的に供給し、ラジカルの密度を計測しドーズ量を計算して制御する手法を開発してきた。この手法により菌や細胞との不活性、活性化を高い再現性で制御できるようになってきたが、ラジカルの密度と菌や細胞の不活性効果は空間的な平均値を計測しており、空間的な分布を測定評価する手法とはなっていなかった。実際、どのような大気圧プラズマ照射装置でも空間的・時間的な不均一性が安全性確保の最大の問題点となっている。

プラズマバイオ分野では、どのラジカルがどのような空間分布を持ち、それによって照射量がどれくらい異なり、細菌や細胞の不活性化が空間的にどの程度異なるかが核心をなす学術的「問い」であり、これらの「問い」を解決するための知見を集積し、これらの知見を基にシステムを構築し、プラズマのバイオ応用の基盤となるデータの蓄積とメカニズムの解明を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、気相中のどの活性種が液相中で反応して新たに発生する液相の活性種により培養細胞への増殖・死滅効果を示すのか、その液中活性種分布と増殖・死滅効果との解明とそれら絶対密度の時空間分布を定量評価できるシステムを構築することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 気相中のラジカル密度の計測と照射量の定量化及び培養細胞増殖効果定量法

市販のラジカル発生器（株式会社 FUJI 製タフプラズ、型番：FPA10）を使用して活性酸素窒素種を発生させた。この装置はプラズマにより発生するイオン、電子などの荷電粒子と紫外（UV）光などの光子をカットして、電気的に中性な粒子のみを供給することができる。Ar、O₂、N₂ ガスを使用して 15 kV（60 Hz）の高電圧（Vp-p）で放電することによりプラズマを生成する。設置電極でイオンと電子を除去し、流路を曲げることで光子を除去する構造となっている。O₂ と N₂ ガスの流量比を変えることにより、O 原子または一酸化窒素（NO・）ラジカルを選択的に供給できる。このラジカル装置から供給される各種ラジカル密度を定量するために質量分析計（HPR-60-EQP300; Hiden Analytical Ltd.）を備えた分子線サンプリングシステム（HPR-60 MBMS; Hiden Analytical 株式会社）を用いて、しきい値イオン化質量分析法により、ラジカル種の密度を定量した。（詳細は 5. 主な発表論文等 [雑誌論文] ④、⑤を参照）

これらのラジカルと培養細胞増殖効果の相関を検証するために、培養した胎児マウス線維芽細胞（NIH3T3）の培養液をリン酸生理食塩水（PBS）溶液と置換したものを照射サンプルとした。N₂ / (N₂ + O₂) 比を変化させ NO・の密度が変化する条件でサンプルを処理した。処理後、線維芽細胞を培地に再懸濁し、96 ウェルプレートで 37° C で 24 時間培養した。翌日、テトラゾリウム塩 [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-5-(3-carboxy methoxy-phenyl)-2-(4-sulfophenyl)-2H tetrazolium, inner salt] (MTS) アッセイにより細胞の生存活性評価を行った。MTS は細胞透過性であるため細胞内に取り込まれる。そして、酵素により還元されてホルマジン色素が生成される。ホルマジン色素の吸収波長である 490 nm の光を当てて吸光度を測定することで細胞増殖を評価した。

(2) 培養細胞増殖効果の液中距離依存性評価法

容器サイズの径を変えることで溶液の量は変えず、液体表面から容器底面に張り付いた細胞までの液中距離を変化させることで、ラジカルが照射される液体表面から細胞までの距離を変化させて、上記と同様な方法で線維芽細胞の生存活性評価を行った。

具体的には、ガス総流量を 5 slm とし、Ar、O₂、N₂ ガスの流量を (1) の研究で明らかになった増殖促進率が最大となる条件に固定し照射実験を行った。細胞は、直径 35 mm の細胞培養ディッシュの底に DMEM で接着させた。液中距離は 1.0, 1.3, 1.7, 2.0 mm とし、液量は 1.0 ml、

照射時間は 15 秒に固定した。

NO・照射した線維芽細胞の細胞生存率を調べるために MTS 測定を行った。

(3) 長寿命活性種液中距離分布評価装置の開発

光源には深紫外から近赤外までの連続光を高い安定度で供給できる白色光源を用い、光源から出た光を反射光学系でシート状のビームとして、液体の入った石英セルの界面付近を通過するように、光学系を構築し、受光器には高さ方向の分光スペクトル分布を計測できる高感度な ICCD カメラ付き分光器を用いた。

これにより気液界面から深さ方向の吸収スペクトルを高速に取得できるシステムを構築することができた。プラズマには液面の変動が少ない大気圧気液グロープラズマ(詳細は 5. 主な発表論文等 [雑誌論文] ①、②、③を参照)を用いて、プラズマ印加直後から液相の深さ方向の吸収スペクトル分布の時間変化を計測した。

4. 研究成果

(1) 気相中のラジカル密度の計測と照射量の定量化及び培養細胞増殖効果定量結果

細胞生存活性評価により、線維芽細胞はラジカル処理によって 24%の増殖促進効果を有することが確認された。各種ラジカル密度と増殖促進効果の相関を評価した結果、NO・照射量とのみ強い相関を示すことが分かり、NO・が細胞増殖の直接的なトリガーであることを明らかにすることに成功した。(詳細は 5. 主な発表論文等 [雑誌論文] ⑤、⑥を参照)

しかしながら、NO・が直接細胞に入り込んで作用しているのか、NO・と液中に生成される H₂O₂などと反応生成する HOONO などの短寿命活性種による作用か、それより寿命の長い NO₃・や NO₂・などが作用しているのかは不明であり、液体表面から細胞までの液中距離を変化させてこれらの効果の寄与を次に評価した。

(2) 培養細胞増殖効果の液中距離依存性評価結果

液中距離を変化させて測定した結果、線維芽細胞の増殖促進に違いがあることが判明した。最も増殖促進効果が得られた液中距離の条件は、1.0 mm の時で、NO・を 15 秒照射すると未照射サンプルと比較して 27.6%の促進効果があった。1.7mm 以上になると全く増殖促進効果が得られないことも判明した。

このことから、NO₃・や NO₂・など長寿命活性種の寄与は少なく、NO・が直接細胞内に拡散して作用したか、H₂O₂などと反応生成する HOONO などの短寿命活性種が細胞に影響を与えていることが判明した。(詳細は 5. 主な発表論文等[国際会議一般演発表]①参照)

(3) 長寿命活性種液中距離分布評価結果

190~220nm の波長域で 200 μs のゲート幅として 440 μs 刻みの吸収スペクトルを計測することで、液相の深さ方向 10 mm 程度を 13 μm の空間分解能で吸光度を安定して測定することに成功した。

空気中で大気圧グロープラズマ(詳細は 5. 主な発表論文等 [雑誌論文] ①、②、③を参照)を 2 秒間純水表面に照射することで、気液界面から数十 μm 厚の液相中に過酸化水素と亜硝酸、硝酸イオンの長寿命活性種が生成され、液相から数秒オーダーで長寿命活性種が下方に吸収の多いところが波打ちながら輸送されていく様子が確認された。(詳細は 5. 主な発表論文等[国際会議一般演発表]②参照)

また、シャーレの底面に張り付いた線維芽細胞に一酸化窒素ラジカル(NO・)を選択的に照射した場合、気液界面から 1 mm 程度の所に線維芽細胞を配置した場合は、20%以上の増殖促進が得られたが、それ以上の界面から深いところに細胞を配置した場合は、増殖促進効果がえられないことが判明した。このことから NO・や HOONO などの短寿命活性種が細胞増殖促進に効果があることが判明した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Masafumi Ito, Hiroshi Hashizume, Jun-Seok Oh, Kenji Ishikawa, Takayuki Ohta, Masaru Hori	4. 巻 60
2. 論文標題 Inactivation mechanism of fungal spores through oxygen radicals in atmospheric-pressure plasma	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 010503-1 - 15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/abcdbd1	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 Yuki Hori, Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Jun-Seok Oh, Tomiyasu Murata, Masaru Hori, Masafumi Ito	4. 巻 18
2. 論文標題 Identification of key neutral species in atmospheric pressure plasma for promoting proliferation of fibroblast cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plasma Process. Polym.	6. 最初と最後の頁 e2000225-1 - 10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ppap.202000225	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 Tomiyasu Murata, Susumu Kohno, Kazuma Ogawa, Chihiro Ito, Masataka Itoigawa, Masafumi Ito, Kiyomi Hikita, Norio Kaneda	4. 巻 72
2. 論文標題 Cytotoxic activity of dimeric acridone alkaloids derived from Citrus plants towards human leukaemia HL-60 cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Pharm. Pharmacol.	6. 最初と最後の頁 1445-1457
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jphp.13327	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 Gamaleev Vladislav, Iwata Naoyuki, Ito Ginji, Hori Masaru, Hiramatsu Mineo, Ito Masafumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Scalable Treatment of Flowing Organic Liquids Using Ambient-Air Glow Discharge for Agricultural Applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 801 ~ 801
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app10030801	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 Gamaleev Vladislav, Iwata Naoyuki, Hiramatsu Mineo, Ito Masafumi	4. 巻 59
2. 論文標題 Tuning of operational parameters for effective production of nitric oxide using an ambient air rotating glow discharge jet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SHHF04 ~ SHHF04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab72c9	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 Vladislav Gamaleev, Takayoshi Tsutsumi, Mineo Hiramatsu, Masafumi Ito, and Masaru Hori	4. 巻 8
2. 論文標題 Generation and diagnostics of ambient air glow discharge in centimeter-order gaps	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 72607 ~ 72619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2988091	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45件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 30件)

1. 発表者名 伊藤昌文
2. 発表標題 低温プラズマのバイオ分野への応用
3. 学会等名 日本薬学会 東海支部 特別講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤昌文、太田貴之、熊谷慎也
2. 発表標題 ラジカル照射アミノ酸溶液による植物の成長促進
3. 学会等名 第1回低温プラズマ科学研究センター (cLPS) 公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masafumi Ito, Naoyuki Iwata, Hiroshi Hashizume, Jun-Seok Oh, Masaru Hori
2. 発表標題 Plasma-activated Amino-acid Solution for Hydroponic Application
3. 学会等名 30th Material Research Society of Japan (MRS-J) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masafumi Ito
2. 発表標題 Plasma enhanced biorefinery
3. 学会等名 3rd International Workshop on Plasma Agriculture (IWOPA3) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Hiromasa Tanaka, Jun-Seok Oh, Masafumi Ito, Masaru Hori
2. 発表標題 Dependency of bactericidal effect in oxygen-radical-exposed E. coli suspension containing L-Tryptophan on its concentration
3. 学会等名 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Namizaki, N. Iio, N. Iwata, T. Ryugo, M. Hori and M. Ito
2. 発表標題 Effect of oxygen-radical-treated L-tryptophan solutions on intramembrane fluidity of supported lipid bilayers
3. 学会等名 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Iio, N. Iwata, T. Ryugo, M. Hori and M. Ito
2 . 発表標題 Effect of oxygen radical-treated L-Tryptophan on the fluidity of supporting lipid bilayer
3 . 学会等名 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Shoma Ito, Naoyuki Iwata, Yasuhiro Nishikawa, Masaru Hori and Masafumi Ito
2 . 発表標題 Analysis of oxygen-radical-treated L-tryptophan solution using high performance liquid chromatography
3 . 学会等名 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Deguchi, N. Iwata, H. Hashizume, M. Shimizu, M. Kato, M. Hori, and M. Ito
2 . 発表標題 Bactericidal effect of hydroponic harmful bacteria using radical-activated aromatic amino acid solution
3 . 学会等名 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Hori, T. Murata, H. Tanaka, M. Hori and M. Ito
2 . 発表標題 Apoptosis-inducing activity through caspase-9 of radical-activated lactate ringer 's solution for melanoma cells
3 . 学会等名 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 堀 侑己, 村田 富保, 田中 宏昌, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 ラジカル活性乳酸リンゲル液で処理したメラノーマ細胞におけるcaspase-8の活性化
3. 学会等名 第38回プラズマプロセッシング研究会/第33回プラズマ材料化学シンポジウムテクニカルプログラム (SPP-38/SPSM33)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口 貴大, 岩田 直幸, 橋爪 博司, 志水 元亨, 加藤 雅士, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 L-トリプトファン溶液中の水耕栽培有害菌に対する酸素ラジカル処理の殺菌効果
3. 学会等名 第38回プラズマプロセッシング研究会/第33回プラズマ材料化学シンポジウムテクニカルプログラム (SPP38/SPSM33)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤翔磨, 岩田直幸, 西川泰弘, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 高速液体クロマトグラフィーを用いた酸素ラジカル照射されたL-トリプトファン溶液の分析
3. 学会等名 第38回プラズマプロセッシング研究会/第33回プラズマ材料化学シンポジウムテクニカルプログラム (SPP38/SPSM33)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯尾 望, 岩田 直幸, 手老 龍吾, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 酸素ラジカル処理トリプトファンの人工支持脂質二重膜の流動性への影響
3. 学会等名 第38回プラズマプロセッシング研究会/第33回プラズマ材料化学シンポジウムテクニカルプログラム (SPP38/SPSM33)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Kenji Ishikawa, Hiroshi Hashizume, Jun-Seok Oh, Masafumi Ito, Masaru Hori
2. 発表標題 Bactericidal Effect of Oxygen-radical Irradiation to E. coli Suspension with L-tryptophan
3. 学会等名 30th Material Research Society of Japan (MRS-J) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Yutaka Kume, Nozomi Iio, Kenji Ishikawa, Masafumi Ito, Masaru Hori
2. 発表標題 EFFECT OF RADICAL-ACTIVATED L-PHENYLALANINE SOLUTION ON SUPPORTED LIPID BILAYER
3. 学会等名 47th IEEE International Conference on Plasma Sciences (ICOPS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masafumi Ito, Takuya Goto, Motoyuki Shimizu, Masashi Kato, Hiroshi Hashizume, Masaru Hori
2. 発表標題 PROMOTION OF AMYLASE PRODUCTIONS FROM ASPERGILLUS ORYZAE SPORES EXPOSED TO OXYGEN RADICALS
3. 学会等名 47th IEEE International Conference on Plasma Sciences (ICOPS2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Yuki Hori, Jun-Seok Oh, Tomiyasu Murata, Kenji Ishikawa, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Proliferation promotion of fibroblast cells using atmospheric-pressure radical source
3. 学会等名 The 73rd Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Hori, Tomiyasu Murata, Hiromasa Tanaka, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Apoptosis-inducing activity through caspase pathway in melanoma cells treated by radical-activated lactate Ringer's solution
3. 学会等名 The 73rd Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀侑己, 村田富保, 田中宏昌, 堀勝, 伊藤昌文
2. 発表標題 ラジカル活性乳酸リンゲル液で処理されたメラノーマ細胞におけるカスパーゼ依存性アポトーシス
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masafumi Ito
2. 発表標題 Agricultural applications using oxygen- and nitric-oxide radical sources
3. 学会等名 4th International Symposium on Application of High-voltage, Plasma & Micro/Nano Bubble (Fine Bubble) to Agriculture and Aquaculture (4thISHPMNB) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Jun-Seok Oh, Hiroshi Hashizume, Kenji Ishikawa, Masaru Hori, and Masafumi Ito
2. 発表標題 Novel bactericidal method for aquaculture using benzoic-compound solutions treated with oxygen radicals
3. 学会等名 24th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC24) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nozomi Iio, Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Toshiyuki Kawasaki, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Distribution measurement of reactive oxygen species in water irradiated from atmospheric-pressure oxygen-radical source
3. 学会等名 The Joint Conference of 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 Vladislav Gamaleev, Naoyuki Iwata, Jun-Seok Oh, Mineo Hiramatsu, and Masafumi Ito
2. 発表標題 Analysis of concentrations of species generated by rotating arc jet in gas phase and treated liquid
3. 学会等名 The Joint Conference of 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 Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Jun-Seok Oh, Hiroshi Hashizume, Kenji Ishikawa, Masaru Hori, and Masafumi Ito
2. 発表標題 Generation of bactericidal efficacy in neutral pH range using oxygen-radical treatment of organic compound
3. 学会等名 The Joint Conference of 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 Nozomi Iio, Naoyuki Iwata, Toshiyuki Kawasaki, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Transportation mechanism of reactive oxygen species in liquid irradiated by atmospheric-pressure oxygen-radical source
3. 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyuki Nagase, Yumiko Komori, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Inactivation of biofilm-forming bacteria using deionized distilled water treated with oxygen radicals or nitric oxide radicals
3. 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Jun-Seok Oh, Hiroshi Hashizume, Kenji Ishikawa, Masaru Hori, and Masafumi Ito
2. 発表標題 The lifetime of bactericidal efficacy in oxygen-radical-activated Phenylalanine solution
3. 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Kume, Ryugo Tero, Hiroshi Hashizume, Hiroki Kondo, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Effects of radical-treated phenylalanine solution on fluorescent molecules in supported lipid bilayer
3. 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Vladislav Gamaleev, Naoyuki Iwata, Jun-Seok Oh, Mineo Hiramatsu, Masafumi Ito
2. 発表標題 Treatment of liquids by low-current arc in ambient air for biomedical and agricultural applications
3. 学会等名 72nd Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masafumi Ito, Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Hiroshi Hashizume, Jun-Seok Oh, Takayuki Ohta, Kenji Ishikawa, Masaru Hori
2. 発表標題 Radical activated solutions with bactericidal and plant-growth effects
3. 学会等名 72nd Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Vladislav Gamaleev, Naoyuki Iwata, Jun-Seok Oh, Mineo Hiramatsu, and Masafumi Ito
2. 発表標題 Tuning of operation parameters for effective production of nitric oxide by ambient air rotating low-current arc jet
3. 学会等名 29th Japan Material Resource Society (MRS-J) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Jun-Seok Oh, Masaru Hori, and Masafumi Ito
2. 発表標題 Contribution of reactive nitrogen species to sterilization of radical-activated water
3. 学会等名 The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Deguchi, Naoyuki Iwata, Gamaleev Vladislav, Hiroshi Hashizume, Motoyuki Shimizu, Masashi Kato, Masaru Hori, and Masafumi Ito
2. 発表標題 Inactivation of Fusarium oxysporum using arc plasma-activated Phenylalanine
3. 学会等名 The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nozomi Iio, Naoyuki Iwata, Toshiyuki Kawasaki, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Transportation mechanism of ROS in liquid irradiated by atmospheric pressure oxygen-radical source
3. 学会等名 Taiwan-Japan Joint Workshop of 10th WEEEA, 10th IWNC and 12th IWPBST (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masafumi Ito, Naoyuki Iwata, Vladislav Gamaleev, Motoyuki Shimizu, Masashi Kato, Masaru Hori
2. 発表標題 Agricultural and biorefinery applications using atmospheric-pressure plasmas
3. 学会等名 13th International symposium on applied plasma science and engineering for agro and bio applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shoma Ito, Naoyuki Iwata, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Contribution of reactive oxygen species to bactericidal efficacy of radical-activated water
3. 学会等名 12th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials and 13th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤昌文
2. 発表標題 プラズマ殺菌・農学分野応用の現状と今後の展望
3. 学会等名 プラズマバイオコンソーシアム第2回ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯尾 望, 久米 寛, 手老 龍吾, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 酸素ラジカル照射支持脂質二重膜上の液相厚が膜内側方拡散係数に及ぼす影響
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩田 直幸, ガマリーヴ ブラディスラフ, 吳 準席, 橋爪 博司, 太田 貴之, 石川健治, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 酸素ラジカル照射トリプトファン含有リン酸緩衝液中の大腸菌殺菌効果
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久米 寛, 手老 龍吾, 橋爪 博司, 近藤 博基, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 脂質分子の膜内流動性に及ぼすラジカル照射フェニルアラニンの効果
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 昌文
2. 発表標題 大気圧プラズマの農業応用
3. 学会等名 プラズマアグリコンソーシアム 第6回研究(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 昌文、岩田 直幸
2. 発表標題 殺菌と生長促進が可能なプラズマ活性溶液の開発
3. 学会等名 第35回目 九州・山口プラズマ研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩田直幸、伊藤 銀二、橋爪 博司、呉 準席、堀 勝、伊藤 昌文
2. 発表標題 ラジカル活性フェニルアラニンを用いた殺菌でのベンゼン環の重要性
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出口貴大、岩田 直幸、ウラディス ガマリェエフ、橋爪 博司、志水 元亨、加藤 雅士、堀 勝、伊藤 昌文
2. 発表標題 環境大気グロープラズマ活性化フェニルアラニンを使用したFusarium oxysporumの不活性化
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

理工学部 電気電子工学科 電子生命情報研究室 伊藤グループ
http://www1.meijo-u.ac.jp/~ito/cms_new/

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	加藤 雅士 (KATO MASASHI) (70242849)	名城大学・農学部・教授 (33919)	
研究 分 担 者	村田 富保 (MURATA TOMIYASU) (80285189)	名城大学・薬学部・教授 (33919)	

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