

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05099

研究課題名(和文) プラズマ処理水中の活性種を定量的かつその場測定を行う為の真空紫外吸収分光法の開発

研究課題名(英文) Investigation of in situ VUV absorption spectroscopy for quantitative analysis of plasma activated water

研究代表者

呉 準席 (Oh, Jun-Seok)

大阪市立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90533779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は2018年4月から2020年3月まで3年間、近年、医療、生命科学、農業分野で広く応用されているプラズマ活性水(又はプラズマ処理水)の詳細評価を紫外吸収分光法を用いて行った。プラズマ照射により水中に生成された化学活性種の定量的かつその場での評価の限界と有効性を明らかにした。さらに、簡便な方法でありながら正確な評価方法であることを活かして、10カ国21の研究機関から集めた24種類のプラズマ活性水の評価を行うなど、実用化の検証も行った。国内外にて、プラズマの応用分野において、科学の発展に大きく貢献したと評価する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

紫外吸収分光方法は物質の特定や特定された物質の濃度評価するために広く使われている方法である。特に水に複数の物質が溶けて、さらに低濃度であれば、従来の測定波長範囲では正確な評価が難しい。本研究はプラズマの応用分野の例として水中に低濃度で複数の物質が混合状態から、各物質の特定や濃度を確実に評価に成功した。他の学界の分野や産業界において、水中の物質の特定や濃度を評価するために、本研究で構築されたデータベースの活躍も期待される成果である。

研究成果の概要(英文)：This project has been carried out for three years from April 2018 to March 2020. Ultraviolet (UV) absorption spectroscopic technique was used for detailed evaluation of plasma-activated water (PAW, or plasma-treated water), which has been widely applied in the medical, life science, and agricultural fields. We clarified the limitation of wavelength range and effectiveness of quantitative and in-situ evaluation of reactive oxygen and nitrogen species (RONS) generated in water by plasma irradiation. Furthermore, by utilizing this simple and accurate method, we have verified the practical application by evaluating 24 PAW samples collected from 21 research institutes in 10 countries. We believe this is a great contribution to the development of science in our research field of plasma application in the world.

研究分野：プラズマエレクトロニクス

キーワード：プラズマ活性水 真空紫外吸収分光法 化学活性種

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、様々な大気圧プラズマ源が研究開発された。大気中での放電プラズマや水中での放電プラズマは材料表面処理やプラズマ洗浄などの産業応用のみならず、殺菌や滅菌、ウイルス対策、ドラッグデリバリー、遺伝子導入、止血や癌治療など様々な先端医療やバイオ応用の可能性が示され、医療や生命科学、農業分野へ大きなインパクトを与えている。平成24年度からスタートした新学術領域『プラズマ医療』(名大、堀勝教授ら)ではプラズマ医療の実用化と基礎過程の解明に精力的な取組みが行われている。実際的な応用の可能性を探るとともに、大気雰囲気の実際の空気組成と放電ガスの流れや混合、一般にパルス変調されるプラズマと照射対象である水分を含む生体等、複雑な系での反応過程を丁寧に解析していくことが強く求められている。最近国内外の研究者たちのプラズマ処理水の主な解析方法はイオンクロマトグラフィー、化学反応試薬を用いたブローブ法、電子スピン共鳴法(Electron Spin Resonance)などがある。紫外吸収分光方法も古くから使われている手法の一つである。一般的には複雑な成分を分離することが難しいとされ、イオンクロマトグラフィーの最後の段階で分離された成分を確認するための手法で使われている。一方、分析化学分野では関西学院大学理工学部の尾崎幸洋教授らが減衰全反射(Attenuated Total Reflection:ATR)型の遠紫外分光装置の開発など先駆的な分析技術に発展させた。しかし、ATR法を用いてプラズマ処理水のその場測定を行うことは困難である。

2. 研究の目的

本研究の代表者は、紫外吸収分光法を用いたプラズマ処理水中の窒素酸素系化学種の濃度測定を行い、定量的かつリアルタイムその場測定を実現させた。その背景には大気圧プラズマ照射した液を膀胱癌治療へ適用できる可能性があることを着想し、プラズマ照射した培養液で膀胱癌の癌細胞に対する選択的細胞死(アポトーシス効果)を確認した。その中でメカニズムを考えるヒントとしてHeプラズマジェットを脱イオン化水(DI Water: Deionized Water)に照射して得られたプラズマ処理水について汎用の分光光度計(日立U-3900)で吸光度を調べたところ紫外域に吸収が検出された。実験環境から予測される比較的安定な化学種として NO_x (NO_3^- 、 NO_2^-)と H_2O_2 、 O_3 について試薬等の吸光度スペクトルを収集し、スペクトルを合成比較したところ、He照射によって溶存酸素による吸収の変化を考慮することで、プラズマ処理水の吸光度スペクトルをほぼ完全に再現できることを見出した。プラズマ照射で水中に生成される窒素酸素系の化学種を直接にかつppmオーダーまで正確に分析できる手法は他になく、プラズマ処理水の分析に極めて有用であるとして注目された。

本研究では以下、四つの項目を明らかにする。

1) 真空紫外吸収分光法による水中の窒素酸素系化学種測定の限界

一般的に大気にさらされている水中には、1リットルあたり8mgの酸素が溶けていることが良く知られている。申請者の今までの紫外吸収分光測定に関する研究から水中の溶存酸素の吸収による測定限界が生じる可能性が高いと考えられる。そのため、まず測定限界を明らかにする。

2) プラズマ処理水による真空紫外吸収スペクトル

プラズマ処理水による165nm-190nmの遠紫外吸収スペクトルはまだ報告されていない。その吸収スペクトルを系統的に取得する。

3) 標準試薬を用いて化学活性種の真空紫外吸収スペクトル

プラズマ処理水の成分分析の基になるデータベースを構築する段階で、プラズマ処理水中の活性種と考えられる標準化学活性種を1ppmから1%までの濃度範囲で測定を行い、スペクトルを規格化することで標準スペクトルを構築する。

4) プラズマ処理水の成分分析

本研究で構築される真空紫外吸収スペクトルデータベースを基にプラズマ処理水の分析を行いその成分分解、濃度分解能などを明らかにする。

3. 研究の方法

2017年度は現有の紫外吸収分光光度計(島津製作所SolidSpec-3700DUV)大型資料室内に小型窒素パージ用のチャンバーを構築し(チャンバーの設計や取り付けを含む)、窒素パージ有無で吸光度の差を明らかにし、最適な測定条件を見出す。2018年度以降は標準試薬を用いて化学活性種の基礎データを集めることで実験を重ねて行うと共にプラズマ処理水のリアルタイムその場測定と分析を行う。標準試薬の基礎スペクトルの規格化を行い、データベースを構築する。広く使われるように具体的な数値を論文の表でまとめて公開することを計画している。

2017年度前期は小型窒素パージチャンバを設計する。設計が終わった後、小型窒素パージチャンバを発注、導入する。2017年度後期から真空紫外吸収分光法による水中の化学活性種測定の限界を明らかにし測定条件の最適化に進む。2018年度第1四半期は2017年度の第4四半期の続きでプラズマ処理による水の真空紫外吸収スペクトルを明らかにする。実際に使われるプラズマ源として、プラズマジェット(He又はAr)と、空気を原料ガスにする沿面放電の使用する。2018年度第2四半期から2019年度第1四半期までの1年間、高純度標準試薬を用いて化学活性種による真空紫外吸収スペクトルを明らかにすること、溶存酸素の測定を行う予定である。高純度標準試薬は過酸化水素(H_2O_2)、水酸化ナトリウム(NaOH)、硝酸(HNO_3)、亜硝酸ナトリウム(NaNO_2)を1ppmから1%まで濃度を変えながら測定を行う。溶存酸素の吸収スペクトルはHeパージで溶存酸素を撤去し定量化する。測定回数と誤差の相関を明らかに

し、測定限界も明らかにする。2019 年度前期まで標準試薬と溶存酸素の吸収スペクトル実験を終え、結果をまとめる。プラズマ処理水のリアルタイムその場測定を行い、ここまで構築される真空紫外吸収スペクトルデータベースを基づいて成分分析を行う。同時に国内外の研究者との共同研究でその有効性を確認する。以上結果を国際学会で報告する。プロジェクトの総括で全体の成果は総合的な観点で、プラズマ処理水中の化学活性種を本研究で構築される真空紫外吸収スペクトルデータベースを基に解析を行う。

4．研究成果

本研究は 2018 年 4 月から 2020 年 3 月まで 3 年間、近年、医療、生命科学、農業分野で広く応用されているプラズマ活性水(又はプラズマ処理水)の詳細評価を紫外吸収分光法を用いて行った。プラズマ照射により水中に生成された化学活性種の定量的かつその場での評価の限界と有効性を明らかにした。さらに、簡便な方法でありながら正確な評価方法であることを活かして、10 カ国 21 の研究機関から集めた 24 種類のプラズマ活性水の評価を行うなど、実用化の検証も行った。国内外にて、プラズマの応用分野において、科学の発展に大きく貢献したと評価する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 8件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Gamaleev Vladislav, Iwata Naoyuki, Oh Jun-Seok, Hiramatsu Mineo, Ito Masafumi	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of an Ambient Air Flow Rotating Arc Jet for Low-Temperature Treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 93100 ~ 93107
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2019.2928419	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 該当する
1. 著者名 Iwata Naoyuki, Gamaleev Vladislav, Oh Jun Seok, Ohta Takayuki, Hori Masaru, Ito Masafumi	4. 巻 16
2. 論文標題 Investigation on the long term bactericidal effect and chemical composition of radical activated water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma Processes and Polymers	6. 最初と最後の頁 1900055 ~ 1900055
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ppap.201900055	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 Tachibana Kunihide, Oh Jun-Seok, Nakamura Toshihiro	4. 巻 53
2. 論文標題 Oxidation processes of NO for production of reactive nitrogen species in plasma activated water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 ab91eb
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6463/ab91eb	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 Kotaro Ogawa, Jun-Seok Oh, Nishtha Gaur, Sung-Ha Hong, Hirofumi Kurita, Akira Mizuno, Akimitsu Hatta, Robert D. Short, Masafumi Ito, Endre J. Szili	4. 巻 58
2. 論文標題 Modulating the concentrations of reactive oxygen and nitrogen species and oxygen in water with helium and argon gas and plasma jets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SAAB01 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.7567/1347-4065/aaea6b	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 該当する

1. 著者名 Szili Endre J., Hong Sung-Ha, Oh Jun-Seok, Gaur Nishtha, Short Robert D.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Tracking the penetration of plasma reactive species in tissue models	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Trends in Biotechnology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.07.012	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 Oh Jun-Seok, Szili Endre J., Ogawa Kotaro, Short Robert D., Ito Masafumi, Furuta Hiroshi, Hatta Akimitsu	4. 巻 57
2. 論文標題 UV-vis spectroscopy study of plasma-activated water: Dependence of the chemical composition on plasma exposure time and treatment distance	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 0102B9 ~ 0102B9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.57.0102B9	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 該当する

1. 著者名 Szili Endre J, Oh Jun-Seok, Fukuhara Hideo, Bhatia Rishabh, Gaur Nishtha, Nguyen Cuong K, Hong Sung-Ha, Ito Satsuki, Ogawa Kotaro, Kawada Chiaki, Shuin Taro, Tsuda Masayuki, Furihata Mutsuo, Kurabayashi Atsushi, Furuta Hiroshi, Ito Masafumi, Inoue Keiji, Hatta Akimitsu, Short Robert D	4. 巻 27
2. 論文標題 Modelling the helium plasma jet delivery of reactive species into a 3D cancer tumour	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plasma Sources Science and Technology	6. 最初と最後の頁 014001 ~ 014001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1088/1361-6595/aa9b3b	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 Oh Jun-Seok, Szili Endre J, Hatta Akimitsu, Ito Masafumi, Tatsuru Shirafuji、	4. 巻 2
2. 論文標題 Tailoring the Chemistry of Plasma-Activated Water Using a DC-Pulse-Driven Non-Thermal Atmospheric-Pressure Helium Plasma Jet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma	6. 最初と最後の頁 127 ~ 137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plasma2020010	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 該当する

〔学会発表〕 計38件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 23件）

1. 発表者名 呉準席
2. 発表標題 プラズマバイオ医療応用の現状と今後の展望
3. 学会等名 BioMedical Forum 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 J.-S. Oh, Y. Sasaki, S. Imai, T. Shirafuji
2. 発表標題 Atmospheric-pressure plasma reactor generated plasma-activated water
3. 学会等名 Material Research Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉準席, 佐々木祐介, 今井創志, 白藤立
2. 発表標題 大気圧プラズマリアクターを用いたプラズマ活性水の開発
3. 学会等名 第183委員会第51回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J.-S. Oh, N. Iwata, G. Uchida, K. Takenaka, Y. Setsuhara, M. Hiramatsu, M. Ito
2. 発表標題 Longer-lived chemistry and antimicrobial activity of plasma activated water
3. 学会等名 The 5th International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation & The 8th International Conference of Welding Science and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 J.-S. Oh, E. J. Szili, R. D. Short, A. Hatta, M. Hiramatsu, M. Ito
2 . 発表標題 International study of the longer-lived chemistry of plasma activated water
3 . 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Sasaki, K. Maeda, S. Imai, T. Shirafuji, J.-S. Oh
2 . 発表標題 Plasma-activated Water Generated by Air Discharge in Atmospheric-pressure Plasma Reactor
3 . 学会等名 The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J.-S. Oh, E. J. Szili, M. Ito, A. Hatta
2 . 発表標題 Dynamic analysis of reactive oxygen nitrogen species in plasma-activated liquid by UV absorption spectroscopy
3 . 学会等名 The Joint Conference of XXXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases and the 10th International Conference on Reactive Plasmas (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J.-S. Oh, E. J. Szili, A. Hatta, M. Ito, T. Shirafuji
2 . 発表標題 DC-pulse driven plasma jet modulating reactive oxygen and nitrogen species
3 . 学会等名 The 9th International Symposium for Plasma Biosciences (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J.-S. Oh, E. J Szili, H. Fukuhara, K. Inoue, R. D. Short, A. Hatta, M. Ito, T. Shirafuji
2 . 発表標題 Non-thermal atmospheric pressure plasma generated reactive species: Delivery into biological systems
3 . 学会等名 The 6th Awaji International Workshop on Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Jun-Seok Oh, Naoyuki Iwata, Akimitsu Hatta, Tatsuru Shirafuji, Masafumi Ito
2 . 発表標題 Development of VUV absorption spectroscopy for quantitative analysis of plasma activated water
3 . 学会等名 The 6th International Workshop and the 5thrd International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technology (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masafumi Ito, Naoyuki Iwata, Jun-Seok Oh, Takayuki Ohta, Masaru Hori
2 . 発表標題 Diagnostics of radicals generated from atmospheric-pressure radical source and their activated water using ultra-violet absorption spectroscopy
3 . 学会等名 ESCAMPIG XXIV (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Jun-Seok Oh, Naoyuki Iwata, Takayuki Ohta, Masaru Hori, Masafumi Ito
2 . 発表標題 Long-term Investigation of Radical-activated Water
3 . 学会等名 Joint International Conference on ICMAP2018, APCPST2018, and ISPB2018 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 呉準席、福原秀雄、川田千明、津田雅之、スズリアンドレ、ショートロバート、伊藤昌文、八田章光、井上啓史
2. 発表標題 低温大気圧プラズマによって生成された活性酸素窒素種の体内移送
3. 学会等名 日本レーザー医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 呉準席
2. 発表標題 プラズマ活性水分析の現状と 今後の展望
3. 学会等名 プラズマ材料科学第153委員会第138回研究会 水の先進理工学 第183委員会第45回研究会 合同研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Naoyuki Iwata, Takayuki Ohta, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Long-term bactericidal effect and reactive oxygen and nitrogen species (RONS) chemistry of radical-activated water
3. 学会等名 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 呉準席
2. 発表標題 紫外吸収分光法を用いたプラズマ活性水中の化学種計測
3. 学会等名 第29回プラズマ新領域研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 呉準席, 八田章光, 伊藤昌文
2. 発表標題 真空紫外吸収分光法を用いたプラズマ活性水の開発
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 呉 準席, 白藤 立, 小川 広太郎, 古田 寛, 八田 章光, 福原 秀雄, 川田 千明, 津田 雅之, 井上 啓史, 伊藤 昌文, スズリ アンドレ
2. 発表標題 プラズマ医療応用における大気圧誘電体バリアヘリウムプラズマジェットの最適化
3. 学会等名 電気学会 放電研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J-S. Oh, K. Ogawa, N. Iwata, A. Hatta, M. Ito, M. Hori, T. Shirafuji
2. 発表標題 Influence of Impurity Gas on the Generation of Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Atmospheric-pressure Plasma
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Iwata, V. Gamaleev, J.-S. Oh, H. Hashizume, K. Ishikawa, M. Hori, M. Ito
2. 発表標題 Effect of Reactive Nitrogen Species on Sterilization in Radical-Activated Water
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Ogawa, Jun-Seok Oh, Hiroshi Furuta, Akimitsu Hatta
2. 発表標題 Influence of Operating Voltage of He Plasma Jet on the Generation of Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Plasma-Activated Water
3. 学会等名 第36回プラズマプロセスング研究会 / SPP-36第31回プラズマ材料科学シンポジウム / SPSM-31
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 呉 準席, 白藤 立, 八田 章光, 伊藤 昌文
2. 発表標題 高電圧直流パルス大気圧プラズマジェットを用いたプラズマ活性水作製
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Endre Szili, Rrobert Short, Akimitsu Hatta, Mineo Hiramatsu, Masafumi Ito
2. 発表標題 International study of plasma activated water: chemical composition of RONS
3. 学会等名 ISPlasma2019/IC-PLANTS2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Ogawa, Jun-Seok Oh, Hiroshi Furuta, Akimitsu Hatta
2. 発表標題 Influence of driving voltage on the discharge of an atmospheric-pressure He microplasma jet
3. 学会等名 ISPlasma2019/IC-PLANTS2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Naoyuki Iwata, Kotaro Ogawa, Akimitsu Hatta, Masaru Hori, Masafumi Ito, Tatsuru Shirafuji
2. 発表標題 Influence of impurity gas on the generation of reactive oxygen and nitrogen species (RONS) in water
3. 学会等名 応用物理学会 (秋)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Sung-Ha Hong, Endre J. Szili, Takayuki Ohta, Mineo Hiramatsu, Robert D. Short, Masafumi Ito
2. 発表標題 Probing the transport of plasma-generated ionic species through agarose target using ambient mass spectrometry
3. 学会等名 The 34th International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 呉 準席, 小川 広太郎, 平松 美根男, 伊藤 昌文, 八田 章光
2. 発表標題 水中溶存酸素の紫外吸収分光測定
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 J.-S. Oh, M. Ito, K. Ogawa, H. Furuta, A. Hatta, E. J. Szili, R. D. Short
2. 発表標題 UV-Vis spectroscopy study of plasma-activated water
3. 学会等名 The 2nd Asian Applied Physics Conference (Asian-APC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Endre. J. Szili, Robert D. Short, Masafumi Ito, Akimitsu Hatta
2. 発表標題 UV absorption spectroscopic analysis of plasma activated water
3. 学会等名 The 10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2017) EU-Japan JSPP2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Masafumi Ito
2. 発表標題 Tracking of plasma-generated RONS in water
3. 学会等名 Taiwan-Japan Joint Workshop 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Akimitsu Hatta, Mineo Hiramatsu, Masafumi Ito
2. 発表標題 Developing VUV absorption spectroscopy for analyzing reactive species in plasma activated water
3. 学会等名 The 10th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-10) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Kotaro Ogawa, Akimitsu Hatta, Mineo Hiramatsu, Masafumi Ito
2. 発表標題 Vacuum ultraviolet absorption spectroscopy for analysis of plasma-activated water
3. 学会等名 ISPlasma2018 / IC-PLANTS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Yuto Kitada, Jun-Seok Oh, Hiroshi Hashizume, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Long-term bactericidal activity of plasma-activated water
3. 学会等名 ISPlasma2018 / IC-PLANTS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoyuki Iwata, Jun-Seok Oh, Takayuki Ohta, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Long-term investigation of radical-activated water
3. 学会等名 Taiwan-Japan Joint Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-Seok Oh, Naoyuki Iwata, Takayuki Ohta, Hiroshi Hashizume, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 UV-vis spectroscopy study of radical-activated water
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 Naoyuki Iwata, Jun-Seok Oh, Takayuki Ohta, Masaru Hori, Masafumi Ito
2. 発表標題 Long-term investigation of bactericidal effect of radical-activated water
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 呉 準席, 伊藤 昌文, 八田 章光, 福原 秀雄, 津田 雅之, 井上 啓二, スズリ アンドレ, ショット ロバート
2. 発表標題 プラズマによって生成された活性酸素窒素種のマウス体内移送
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 岩田 直幸, 呉 準席, 太田 貴之, 堀 勝, 伊藤 昌文
2. 発表標題 大気圧ラジカル処理された水溶液中活性種の経時変化
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考