

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02374

研究課題名(和文) プラズマ複合プロセスによる船用ディーゼルエンジンの排気完全無害化技術

研究課題名(英文) Complete clean-up technology of marine diesel engine emission using plasma hybrid processing

研究代表者

大久保 雅章 (Okubo, Masaaki)

大阪公立大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40223763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：大気圧低温非平衡プラズマ複合プロセスによる船用ディーゼルエンジンの排気完全無害化技術を実現する反応プロセスの解明、新規開拓とシステム化を行った。船用ディーゼルエンジンにおいては、燃料に硫黄を含む重油が使用されるため、排ガス中SOxによる触媒劣化が生じ、一部の材料を除き排ガス浄化に触媒を使用することが困難である。本研究では、SOxの影響の無い優位性の高いプラズマ複合プロセスのCO2還元燃料化特性・NOx浄化特性を実験と数値シミュレーションにより解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化石燃料燃焼装置からの排ガス浄化のために、白金、金、銀、パラジウムなどの貴金属やレアメタルが広く用いられているが、価格高騰など早晩の不足が予想されている。また、本研究が対象とする船舶ディーゼルにおいては、燃料に硫黄を含む重油が使用されるため、排ガス中SOxによる触媒劣化が生じ、排ガス浄化に触媒を使用することが困難である。本研究では大気圧プラズマ複合排ガス処理プロセスを船舶ディーゼルエンジンに適用した。プラズマは高電圧高速立ち上がり超短幅ナノ秒パルス放電等により形成され、省エネルギーに形成できる。プラズマを排ガス中で発生させSOx含有排気の完全無害化技術が可能か否かを検討した斬新な研究である。

研究成果の概要(英文)：Elucidation, new development, and systematization of the reaction process that realizes the exhaust gas detoxification technology for marine diesel engines by atmospheric-pressure low temperature nonequilibrium plasma hybrid process are performed. In marine diesel engines, heavy oil containing sulfur is used as fuel, so the catalyst deteriorates due to SOx in the exhaust gas, making it difficult to use catalysts for exhaust gas purification except for some materials. In this study, experiments and numerical simulations are conducted to clarify the CO2 reduction for fuel conversion and NOx reduction characteristics of the highly superior plasma hybrid process that is not affected by SOx.

研究分野：環境保全工学

キーワード：船用機関・燃料 環境技術 ディーゼルエンジン プラズマ 排ガス発生制御

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の学術的背景, 研究課題の核心をなす学術的「問い」

近年の価格高騰など、早晩の不足が予想されている。また、本研究が対象とする船用ディーゼルにおいては、燃料に硫黄を含む重油が使用され、排ガス中 SO_x による触媒劣化が生じ、排ガス浄化に触媒を使用することが困難である。本研究では大気圧プラズマ複合排ガス処理プロセスを船用ディーゼルエンジンに適用し、 SO_x 含有排気の完全無害化技術が可能か否かの学術的「問い」を設定する。プラズマは高電圧高速立ち上がり超短幅ナノ秒パルス放電等により形成され、電子温度が極端に高く ($\sim 100,000K$) 活性をもち、省エネルギーに形成できる。プラズマを排ガス中で発生させ、吸着剤、DPF (Diesel Particulate Filter)、排ガス再循環、 CO_2 還元技術による触媒代替浄化を図る。

プラズマ排ガス装置の開発を進めている大学は、大阪府大以外では豊橋技科大ほか国内外で 10 大学以上、企業は、トヨタ自動車、日本ガイシ、プジョーほか数十社にのぼるが、自動車や燃焼器の排ガスを対象とする。船用プラズマ排ガス装置の開発は、我々が知る限り富士電機で行われているのみである。多数のデータを学術論文で公表しているのは我々以外では少なく、大阪府立大学は世界トップの学術的社会貢献をしている。本研究のアイデアは、これまでのボイラ、ディーゼルエンジン、自動車排ガス処理が対象の産学官連携研究[1, 2]や、日本ガイシ、トヨタ、ダイハツディーゼル、日本山村硝子、高尾鉄工所等の環境先進企業との共同研究から生まれた全くユニークなものである[3-5]。

(2) 本研究の着想に至った経緯と準備状況

ディーゼルエンジンから排出される微粒子状物質 (PM) は、大気汚染物質の中で最も深刻である。欧米はもとより国内でも規制が急激に厳しくなっており、除去のためのセラミック DPF の開発が盛んになってきている。その内部に PM が大量に堆積すると、排気系に背圧がかかり、エンジン性能を低下させる。そのため、PM を除去して DPF を再生する技術開発が進められている。高圧空気噴射による捕集 PM 払い落とし技術が報告されているが、可燃物である PM の船上保管や DPF の外力による破損が懸念される。本研究では DPF 再生をプラズマ技術で行うことを特色とする。PM は燃焼除去され、その船上保管は不要である。

さらに本技術においては数値シミュレーション技術で反応過程の解明を行う。我々が得た環境保全プラズマリアクタ内のオゾン濃度分布シミュレーション結果[6]においては、排ガス浄化に重要なオゾン形成過程が予測でき、類例の無い独創的成果であった。本研究では、このような環境改善プラズマの特性を数値シミュレーションにより開拓、解明し、実験的な検証を行う。そもそも、プラズマの数値シミュレーションは流体などの数値シミュレーションに比較して格段に困難である。電子系の挙動の緩和時間がナノ秒以下の超高速現象であるからである。特に環境改善プラズマに関しては歴史も短く、類似の研究はほとんどなかった。本研究では腰を据えて取り組む、学術的のみならず実用上、産業界でも有用なツールを確立する。

(3) 本研究の位置づけと創意

以上は、世界的に見ても全く例のない独創的な研究である。船舶環境保全に対する新しい領域を切り開く研究として本提案を行う。従来技術である SCR (選択触媒還元方式) に比較し、尿素や触媒を使用しない点で優位性をもち、日本のアカデミアが人類の未来を賭けて重点的に取り組むべき課題であると確信する。成果を統合し新しい船用環境技術として早期に実用化したい。

2. 研究の目的

大気圧低温非平衡プラズマ複合プロセスによる船用ディーゼルエンジンの排気完全無害化技術を実現する反応プロセスの解明、新規開拓とシステム化を行う。船用ディーゼルエンジンにおいては、燃料に硫黄を含む重油が使用されるため、排ガス中硫酸化物 (SO_x) による触媒劣化が生じ、排ガス浄化に向け触媒使用が困難である。本研究では、 SO_x の影響の無い優位性の高いプラズマ複合プロセスの炭酸ガス (CO_2) 還元燃料化特性、微粒子状物質 (PM) および硫酸化物 (NO_x) 浄化特性を実験と数値シミュレーションにより解明する。プラズマは高電圧超短幅ナノ秒パルス放電あるいは大気圧バリア放電等により形成され、電子温度が極端に高く省エネルギーに形成できる。船用エンジン環境浄化に関するプラズマ複合プロセスの様々な新規知見を蓄積し統合して、PM、 NO_x 、 CO_2 排出の無い低炭素・クリーン船用ディーゼルを実証し地球環境保全に資する。

3. 研究の方法

(1) 非熱プラズマ DPF 再生

セラミックディーゼル微粒子フィルタ (Diesel Particulate Filter, DPF) に捕集された微粒子の非熱大気圧プラズマによる新規な燃焼再生方式を船用重油燃料駆動ディーゼルエンジンに対して実証、最適化する。プラズマリアクタを排気ガス煙道の外に設置し、常温に近い空気の中

熱プラズマを発生させ、煙道中に注入し、そこに設置されている DPF によりディーゼル微粒子 (Diesel Emission Particle, DEP または PM) を高精度に捕集しつつ、捕集した PM をプラズマによる NO₂ およびラジカルで燃焼除去して、DPF を再生する。船用ディーゼル排ガスの PM は Dry Soot, SOF (可溶性有機物), HCs (炭化水素複合粒子) が含まれ、プラズマ反応は未解明であるが、再生可能なことは予備試験で判明している。非常に困難な硫黄を多量に含む C 重油を用いた実験を本研究費で実施する。進め方は以下の通りである。

リアクタの最適化

DPF ハニカム内部で非熱プラズマを形成するのに適した電極構造をもつ DPF プラズマリアクタを何種類か試作し、ハニカム内の放電状態の観測 (写真, ビデオ撮影) を行う。一様な放電が得られることを期待する。いくつかのアイデアは有している。

プラズマパラメータ計測

プラズマの電子温度 T_e , 電子数密度 N_e の計測を以下の手順で行う。1) 分光からボルツマンプロットもしくは線強度比法で電子温度を求める。2) 二本ラングミュア探針による計測を行う。3) リアクタ形状, 電極形状, 放電方式 (DC またはパルス), バリア種類, 厚さの影響, ハニカム存在有無, ガス種 (水分, 酸素, CO₂ 等の影響) を検討する。

直接再生実験

の結果を基礎として、現有のパルスコロナ高電圧装置 (40 kV, 1 kHz) により非熱プラズマを DPF 内部に発生させ、コンパクトな装置により DPF を完全再生する技術の確証実験と DPF 再生時間の短縮 (1/20) を目指す。現状 50 kJ/Nm³ 程度であるエネルギー効率を 10 kJ/Nm³ 以下に低減することを期待する。

大気圧非熱プラズマの数値シミュレーション

T_e, n_e , 電離状態の解析を ESI Group 社の CFD-ACE+ を使用し、シミュレーションを行う。完成した数値モデルにより、新規有用プロセスの開拓と実験的検証を行う。開拓プロセスの対象は我々が興味をもつ以下とする。

1) CO₂ 濃縮と資源化プロセス [7], 2) 半乾式プラズマケミカルプロセスによる NO_x 除去 [8], 3) 揮発性有機化合物 (VOC) 同時除去 [9], 4) ディーゼルエンジン PM の低温無触媒燃焼除去 [10]

(2) 非熱プラズマ脱着 NO_x・CO₂ 還元

ディーゼルエンジンの排気ガス中には、通常 2~10% 程度の体積濃度の酸素が含まれている。このようなガスをプラズマリアクタに流し、プラズマを印加するだけでは、燃焼ガス中に含まれる NO が NO₂ へ酸化されるだけで、NO_x 自体はほとんど減少せず、公害の処理にはならない。そこでエンジンの運転モード (燃料噴射モード) を切り替え、酸素リッチな状態で NO_x を含む排ガスを一度吸着させ、その後、酸素量が少なく HC, CO の多い状態へエンジン運転モードを切り替え、プラズマを印加して NO_x を脱着・還元させ、同時に HC, CO を酸化無害化する。この方法により、低濃度で酸素を多量に含む排気ガス処理を簡単な装置で触媒や、付加的な処理を行わず乾式で高効率に行うことができる。実験の進め方は以下の通りである。

プラズマ脱着実験

疎水性ゼオライトにより、吸着剤ハニカムを試作し、ハニカム内部で非熱プラズマを形成するのに適した電極構造を検討する。並行して、ディーゼルエンジン模擬排ガスおよび実排ガスを用いてプラズマ脱着実験を行う。700 ppm 程度の高濃度 NO_x に対して、吸着およびプラズマ脱着を繰り返し、連続的に行えることを期待する実験を引き続き行う。

プラズマ脱着還元連続実験

プラズマ脱着により発生した NO_x や CO₂ をさらにプラズマにより還元除去する実験を行う。ガスとしては上と同様に模擬排ガスまたはディーゼルエンジン実排ガスを用いる。脱着した NO_x を 95% 以上, CO₂ を 80% 以上の効率で除去できるようにシステム最適化を引き続き行う。

4. 研究成果

(1) 非熱プラズマ DPF 再生

プラズマ複合プロセスによる船用ディーゼルエンジンの排気完全無害化技術の開発に関し、引き続き前年度の研究を継続し、不足点の検討を重点的に行ってきた。本年度は沿面放電型プラズマ装置に捕集された微粒子の大気圧非熱プラズマによる新規な燃焼方式をディーゼルエンジンに対して実証、最適化した。実施内容は以下の通りである。

リアクタの最適化

プラズマ装置内で非熱プラズマを形成するのに適した電極構造をもつ、プラズマリアクタを何種類か試作し、内部の放電状態の観測 (写真, ビデオ撮影) や微粒子排ガス処理性能の試験を継続して行った。

プラズマパラメータ計測

プラズマの電子温度 T_e 、電子数密度 N_e の計測を行う。バリア種類、厚さの影響、ハニカム存在有無、ガス種（水分、酸素、 CO_2 等の影響）を計測ならびにパルス放電シミュレーションで検討した。

直接再生実験

の結果を基礎として、現有的高電圧集塵プラズマ分解装置（20 kV, 1 kHz）により非熱プラズマをリアクタ内部に発生させ、コンパクトな装置により PM 及び VOC などを完全燃焼する技術の確証実験を引き続き継続して行った。

(2) 非熱プラズマ脱着 NO_x ・ CO_2 還元

プラズマを吸着剤に印加して NO_x を脱着・還元させ、同時に HC, CO を酸化無害化する実験と、プラズマを触媒含有吸着剤に印加して CO_2 を脱着・還元させ、CO を高濃度で形成する実験を行った。主な成果は以下の通りである。

プラズマ脱着実験

プラズマを印加して NO_x を脱着・還元させ、同時に HC, CO を酸化無害化する実験を行った。高いエネルギー効率を達成している。

プラズマ脱着還元連続実験

プラズマを印加して CO_2 を脱着・還元させ、燃料化する実験を行った。期間内に過去最高クラスのエネルギー効率 13%を確証している。

さらには研究期間内では、主としてディーゼルエンジン排ガスを対象とした試験装置による研究を行った。実験の結果、気流中での PM, NO_x , VOC の同時連続処理に成功した。

(3) 非熱プラズマの数値シミュレーションと実験的検証

T_e , N_e , 電離状態の解析を ESI Group 社の CFD-ACE+ を使用し、シミュレーションを行った。完成した数値モデルにより、新規有用プロセスの開拓と実験的検証を行った。研究期間内はマルチパルスコロナプラズマケミカルプロセスによるストリーマと活性種生成に関するシミュレーションを中心に行い、活性種形成特性、ストリーマ形成特性、 NO_x 処理性能最適化に関する成果を得た。成果は学術論文として投稿中である。

(4) 成果の公表

以上および得られた成果は、国内外の主要な学会や学術雑誌に発表した。その質、量、インパクトとも当該分野では世界中の他機関の追従を許さず、世界最高水準の拠点として本研究室が認められつつある。本成果を基礎として、2023 年度以後も規制強化が急がれている船用ディーゼルエンジンの排気完全無害化技術の研究に邁進していく。

引用文献

- [1] 監修：大久保雅章，プラズマ産業応用技術，シーエムシー出版（2017）。
- [2] M. Okubo and T. Kuwahara, *New Technologies for Emission Control in Marine Diesel Engines*, 1st Edition, Elsevier, Total page count: 296 (2019).
- [3] T. Kuroki, M. Okubo et al., *Carbon*, Elsevier, **48**, pp. 184–190 (2010).
- [4] 山本柱，黒木智之，大久保雅章 他 3 名，日本機械学会論文集，**82**，16-00255 (2016)。
- [5] 大久保雅章，黒木智之 他 2 名，クリーンテクノロジー，日本工業出版，**28**，4–9 (2018)。
- [6] M. Okubo, *Physics of Plasmas*, American Institute of Physics, **22**, 123515, total 6 pages (2015).
- [7] M. Okubo and T. Kuroki et al., *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, **54**, 6422–6429 (2018).
- [8] H. Yamamoto, T. Kuroki, and M. Okubo et al., *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, **53**, 1416–1423 (2016).
- [9] T. Kuroki, M. Tanaka, and M. Okubo, *Inter. J. Plasma Env. Sci. & Tech.*, **11**, 92–97 (2017).
- [10] T. Kuwahara, S. Nishii, T. Kuroki, and M. Okubo, *Applied Energy*, **111**, 652–656 (2013).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamasaki Haruhiko, Yamamoto Hashira, Koizumi Yuki, Fukuda Yuta, Kuroki Tomoyuki, Okubo Masaaki	4. 巻 59
2. 論文標題 Dry Emission Control Technology for Glass Melting Furnace by Plasma-Chemical Hybrid Processing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 2421 ~ 2429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2022.3232468	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 Fukuda Yuta, Kuroki Tomoyuki, Nishioka Ryosuke, Fujishima Hidekatsu, Yamasaki Haruhiko, Yamamoto Hashira, Okubo Masaaki	4. 巻 44
2. 論文標題 Performance Improvement in Semi-dry Ozone Injection NOx and SOx Removal Process for a Glass Furnace Flue Gas	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ozone: Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 453 ~ 463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01919512.2022.2059300	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 Yamasaki Haruhiko, Kishimoto Kohei, Shimada Takumi, Kuroki Tomoyuki, Kang Jinkyu, Kim Dongwook, Yagi Tadao, Okubo Masaaki	4. 巻 58
2. 論文標題 Toward Ideal VOCs and Nanoparticle Emission Control Technology Using a Wet-Type Catalysis Nonthermal Plasma Reactor	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 6591 ~ 6598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2022.3188239	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 H. Wakimoto, H. Yamasaki, T. Kuroki, and M. Okubo	4. 巻 16
2. 論文標題 Effect of Argon and Helium Concentrations on Adsorbed CO2 Dissociation Using Nonthermal Plasma Flow	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 e01006-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34343/ijpest.2022.16.e01006	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 大久保 雅章	4. 巻 46
2. 論文標題 プラズマ励起オゾン注入法による環境保全技術	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 静電気学会誌	6. 最初と最後の頁 218-223
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 平野壮太, 清水裕也, 黒木智之, 大久保雅章	4. 巻 56
2. 論文標題 NOx再循環法によるディーゼル機関排ガス処理技術	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 公益社団法人 日本マリンエンジニアリング学会, マリンエンジニアリング	6. 最初と最後の頁 824-829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5988/jime.56.824	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 H. Yamasaki, S. Nomura, X. Xun, T. Kuroki, J. Kang, T. Yagi, and M. Okubo	4. 巻 49
2. 論文標題 Toward NOx/SOx and Nanoparticle Control Technology Using a Single-Stage Wet-Type Nonthermal Plasma Reactor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 1860-1870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2021.3080681	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 H. Wakimoto, H. Yamasaki, T. Kuroki, and M. Okubo	4. 巻 1
2. 論文標題 Effect of Argon and Helium Concentration on Adsorbed CO2 Dissociation Using Nonthermal Plasma Flows	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Abstracts for EAPETEA-8, The 8th East Asia Joint Symposium on Plasma and Electrostatics Technologies for Environmental Applications, Xi'an, October 19	6. 最初と最後の頁 1-1
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 M. Okubo	4. 巻 42
2. 論文標題 Recent Development of Technology in Scale-up of Plasma Reactors for Environmental and Energy Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plasma Chemistry and Plasma Processing	6. 最初と最後の頁 3-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11090-021-10201-7	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. Okubo, Y. Hiroyasu, and T. Kuroki	4. 巻 56
2. 論文標題 Ion Cluster Formation by Nonthermal Plasma Induced by Pulse Corona Discharge Toward Indoor Air Cleaning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 5480-5488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2020.3010703	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 H. Yamasaki, S. Kamei, T. Kuroki, and M. Okubo	4. 巻 56
2. 論文標題 Adsorbed CO ₂ Dissociation Using Argon and Helium Nonthermal Plasma Flows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 6983-6989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2020.3019766	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. Kuroki, S. Nomura, H. Yamasaki, and M. Okubo	4. 巻 56
2. 論文標題 Performance of a Wet-Type Nonthermal Plasma Reactor for NO _x , SO _x , and Wastewater Treatment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 6978-6982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2020.3019229	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 H. Yamasaki, A. Shidara, Y. Shimidzu, T. Kuroki, H-J. Kim, and M. Okubo	4. 巻 14
2. 論文標題 In-flight Diesel Particulate Matter Removal Using Nonthermal Plasma Filtering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Plasma Environmental Science and Technology	6. 最初と最後の頁 e03007,1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34343/ijpest.2020.14.e03007	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13件(うち招待講演 2件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 大久保雅章
2. 発表標題 環境プラズマ技術とオゾン利用
3. 学会等名 日本オゾン協会第31回年次研究講演会(特別講演)(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中大雅, 黒木智之, 山崎晴彦, 山本柱, 大久保雅章
2. 発表標題 オゾン注入-半乾式排ガス処理の共存SO ₂ とNa ₂ SO ₃ 添加が脱硝性能に及ぼす影響
3. 学会等名 日本オゾン協会第31回年次研究講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保雅章
2. 発表標題 プラズマ励起オゾン注入法による環境保全技術
3. 学会等名 第32回環境工学総合シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部公汰, 島田拓弥, 山崎晴彦, 黒木智之, 大久保雅章
2. 発表標題 湿式充填層プラズマリアクタによるトルエン分解と副生成物評価
3. 学会等名 第32回環境工学総合シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島田 拓弥, 山崎 晴彦, 大久保 雅章
2. 発表標題 高電圧パルス放電により励起される環境プラズマの数値シミュレーション
3. 学会等名 第32回環境工学総合シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川上 航平, 綿谷 健, 山崎 晴彦, 黒木 智之, 大久保 雅章
2. 発表標題 沿面放電プラズマによるディーゼルエンジン排気中のPM・NOx・炭化水素処理性能評価
3. 学会等名 日本機械学会(幹事学会)第33回内燃機関シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保雅章
2. 発表標題 環境プラズマ産業応用技術(依頼講演)
3. 学会等名 IEEE関西支部総会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Yamasaki, H. Wakimoto, T. Kuroki, M. Okubo
2. 発表標題 Adsorbed CO2 reduction technique using nonthermal plasma flows
3. 学会等名 International Workshop of Energy Conversion (IWECC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大久保雅章
2. 発表標題 環境プラズマ大規模技術の近年の研究
3. 学会等名 第 45 回静電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒木智之, 山崎晴彦, 大久保雅章
2. 発表標題 環境プラズマ・サステナブルエネルギー技術
3. 学会等名 第1回 空気のみらいEXPO ~ヒトと地球に、キレイな空気を~
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保雅章
2. 発表標題 ゼロCO2エミッション火力発電と環境プラズマ技術
3. 学会等名 第131回テクノラボツアー, 「EXP02025 大阪・関西万博の開催パワーを未来技術につなぐ」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島田拓弥, 山崎晴彦, 黒木智之, 大久保雅章
2. 発表標題 湿式触媒充填層プラズマリアクタによる VOC・微粒子の除去性能評価
3. 学会等名 静電気学会関西支部研究会, 大気圧プラズマのエネルギー・環境保全分野への最新応用技術
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎晴彦, 設樂朗大, 清水裕也, 黒木智之, Hak-Joon Kim, 大久保雅章
2. 発表標題 プラズマフィルタによるディーゼル排気粒子の気中除去技術
3. 学会等名 第31回内燃機関シンポジウム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 H. Yamasaki, H. Wakimoto, and M. Okubo	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 28
3. 書名 Heat Energy Recovery for Industrial Processes and Wastes, section tittle:Heat Energy Recovery and Low CO2 Emission for Natural Gas Combined Cycle Power Plants Using Plasma Treatment	

1. 著者名 M. Okubo	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 24
3. 書名 Nonthermal Processing in Agri-Food-Bio Sciences: Sustainability and Future Goals, section title:Implementation of a Novel Nonthermal Plasma Air Cleaner in a Plant Factory	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 粒子状物質除去装置	発明者 山崎晴彦, 黒木智之, 大久保雅章	権利者 公立大学法人大阪
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-018938	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

「プラズマ複合処理による環境技術の革新」大阪公立大学 環境保全工学研究グループ <http://omu.info/plasma>

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	黒木 智之 (Kuroki Tomoyuki) (00326274)	大阪公立大学・大学院工学研究科 ・准教授 (24405)	
研究 分 担 者	山崎 晴彦 (Yamasaki Haruhiko) (10780900)	大阪公立大学・大学院工学研究科 ・准教授 (24405)	

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
---------	---------