

## 自己評価報告書

平成23年 4月27日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2012

課題番号：20246051

研究課題名（和文）

非熱平衡プラズマによる大気環境改善技術の開発

研究課題名（英文）Development of Environmental Protection Technologies for Atmosphere by Using the Non-Thermal Plasma

研究代表者 東京大学・大学院工学系研究科・教授  
小田 哲治 (TETSUJI ODA)

研究者番号：90107532

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学 電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：プラズマ 環境技術 大気汚染防止・浄化 触媒・化学プロセス 光学プロセス

## 1. 研究計画の概要

本研究は、研究者が長年研究を続けている非熱平衡プラズマリアクタの性能向上とプラズマ診断技術の構築を目指している。以下、

- (1) 非熱平衡プラズマ診断技術の開発 酸素、窒素ラジカル等の挙動を LIF などの光学的に診断する技術を確立する。
- (2) 実用化を目指したプラズマリアクターの開発 二酸化マンガンを含んだオゾン分解触媒を有効に活用した空気中低濃度に存在する揮発性有機物の分解除去技術を開発する。又、その目的に必要な各種パラメータを明らかにする。
- (3) プラズマシミュレーション方式の確立 非熱平衡プラズマによる空気処理を念頭に置いて大気圧非熱平衡プラズマ状態のシミュレーション方式を開発し、(1),(2)の実験結果とつぎあわせながら現実起こっていると想定される反応を検討する。
- (4) 他の大気圧プラズマとの比較研究 大気圧グロー放電と呼ばれているプラズマを開発中の光学診断技術で測定し、非熱平衡プラズマと比較検討する。

## 2. 研究の進捗状況

- (1) 現在、既に、OH（励起波長 248nm と 282nm の 2 種類の LIF 計測が実現できた）、窒素原子 N(211nm 励起)、酸素原子 O(216nm 励起) の TALIF(two-photon-assisted laser induced fluorescence)、O<sub>2</sub> 励起状態、N<sub>2</sub> 励起状態、NO、NO<sub>2</sub> 等の LIF 測定技術をほぼ確立できた。また、関連して、ナノ秒時間スケールでオゾンの 2 次元分布とその変化を観測

可能であり、更に、1 次・2 次ストリーマの進展具合とラジカル発生との関係を明らかにすることができた。パルス励起のプラズマでは、エネルギー投入とストリーマ進展との関係なども明かにできた。シャドー法により微妙な粗密波の変化とパルスとの関係も判明した。更に、プラズマ中の気体分子の振動モードを診断することでエネルギーや密度を調べることのできるラマン散乱測定にも成功し、更に、その発展系としてより細かくラジカル挙動を知ることが可能な CARS 測定にも着手し、プラズマ中心部の温度計測にも成功した。今後更なる精度向上を目指している。

- (2) 実際のガス処理では、揮発性有機物 (volatile organic compounds VOC)、主に、大気中に低濃度 (100ppm 程度) で存在するトリクロロエチレンの分解除去をターゲットとして各種条件検索を行っている。空気中でのプラズマ放電は有害なオゾンが発生する。幸い、このオゾンを分解する触媒を下流段に入れるとオゾン分解時に、VOC も分解除去 (主に炭酸ガスと水に酸化) できることが判明した。更に、触媒の量を増加させると排気ガス中への漏洩オゾンが減少すると共に VOC 分解も画期的に向上することを確認し、現在、その極限を調査中である。また、湿度を増加させると OH ラジカル温度が OH 密度が増えると共に増加し、VOC 分解性能も (触媒がない場合には) 向上すること、但し、湿度上昇でガス中のオゾン濃度も減少することから、オゾン分解触媒を下流に入れた場合には、反対に、全体での VOC 分解性能は劣化することなどの知見を得ることに成

功している。

- (3) その他、シミュレーションもストリーマ進展や活性種の発生が説明可能となり、実測値のラジカル計測と突き合わせ中である。大気圧グロー放電についても、新規装置で、実現できるようになり、現在計測環境を整備中である。尚、既存のプラズマトーチにおけるラジカル計測では、既に、複数のラジカルを検出している。

### 3. 現在までの達成度

- ① 当初の予定通り進行中で、成果としては計画以上に進展している。

(理由)

ラジカル計測については、ほぼ初期に予定したラジカルは計測可能となったこと、当初予定になかったラジカル計測から回転温度や振動温度などの温度計測が可能になった点は、計画以上の成果があったといえる。また、実用的なリアクター開発も順調で、現在は、そのリアクター内部でのラジカル計測を目指して準備中で、再現性の確認中である。

### 4. 今後の研究の推進方策

予想と異なる結果もいくつか現れたが、全体としては順調に進んでいるので、原則的には既定方針通りに進める。励起状態の温度分布などについては、今後も新たな応用を試みる。また、実用化リアクター内部のラジカル計測については、計測のめどがついたので、今後、実際の VOC 分解性能を測定し、パラメータとラジカル形成、実際の分解処理との関係を明らかにしたいと考える。また、触媒との併用など、実用上重要な複合反応についても再度検討を開始する。大気圧グロー放電についても、一様性とストリーマとの関係をガス組成を考慮してマイクロ放電とグローとの関係を追求する予定である。

なお、これらのまとめとして、大気圧プラズマの新たな応用を検討する。特に、生体反応への影響も課題とし、これまで試行されているプラズマとの比較検討を開始する。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① 寺本 慶之, 小野 亮, 小田 哲治, レーザー誘起蛍光法を用いた大気圧パルスコロナ放電中の準安定準位  $N_2(A)$ 、N 原子、及び NO 分子計測, 電気学会論文誌 A (2011) in press. 査読有
- ② A. Komuro, R. Ono, and T. Oda, Kinetic model of vibrational relaxation in humid-air pulsed corona discharge, Plasma Sources Science and Technology 19, 055004 (2010).

- ③ R. Ono, Y. Teramoto, and T. Oda, Gas density in pulsed positive streamer measured by laser shadowgraph, Journal of Physics D: Applied Physics 43, 345203 (2010). 査読有

- ④ R. Ono, Y. Teramoto, and T. Oda, Effect of humidity on gas temperature in the afterglow of pulsed positive corona discharge, Plasma Sources Science and Technology 19, 015009 (2010). 査読有

- ⑤ Y. Teramoto, T. Shiono, R. Ono, and T. Oda, Surface treatment of TiO<sub>2</sub> electrode for dye-sensitized solar cells using low-temperature and low-energy dielectric barrier discharge in air, Japanese Journal of Appl. Physics, (2011) in press. 査読有

[学会発表] (計 88 件)

- ① T. Oda, K. Hanawa, Y. Teramoto and R. Ono, Low Voltage Contact Electrostatic Discharge Phenomena, IEEE/IAS Ann. Meeting, 21p01 (2010.10.13) 査読有

- ② Y. Nakaga, H. Fujisawa, R. Ono and T. Oda, Dilute Trichloroethylene Decomposition by using High Pressure Non-Thermal Plasma-Humidity Effects-, IEEE/IAS Ann. Meeting, 08P05 (2010.10.12) 査読有

- ③ Y. Nakagawa, Y. Teramoto, F. Morigaki, R. Ono and T. Oda, Laser-induced fluorescence Measurement of rotational temperature in atmospheric pressure pulsed corona discharge, Proc. ISNTPT-7, VIII-3, (2010.6.24) 査読有

- ④ Y. Teramoto, Y. Fukumoto, R. Ono and T. Oda, Observation of streamer propagation under atmospheric pressure pulsed positive and negative corona discharges, Proc. ISNTPT-7, VIII-5, (2010.6.24) 査読有

- ⑤ R. Ono, A. Komuro, Y. Nakagawa Y. Teramoto and T. Oda, Vibrational and translational temperature in the afterglow of pulsed positive corona discharge, Proc. XVIII GD 2010, 228-2231 (2010.9.7) 査読有

[図書] (計 2 件)

- ① 日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会編 (小田哲治編集委員分担執筆)、大気圧プラズマ 基礎と応用、オーム社 (2009)
- ② T. Oda and R. Ono (分担執筆) Industrial Plasma Technology, 37-47 (2010)

[その他] なし