

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development of Large-flow Plasma Source Based on Dielectric Barrier Discharge and Its Application to Air Pollutant Degradation
著者(和文)	徐茂
Author(English)	Mao Xu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12770号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:沖野 晃俊,中村 健太郎,徳田 崇,田原 麻梨江,柘植 丈治,ジャン 天 卓
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12770号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	徐 茂	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	沖野晃俊	准教授	審査員	柘植丈治	准教授
	審査員	中村健太郎	教授		ジャン 天卓 (東洋大学)	准教授
		徳田 崇	教授			
田原麻梨江		准教授				

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Development of Large-flow Plasma Source Based on Dielectric Barrier Discharge and Its Application to Air Pollutant Degradation」と題し、誘電体バリア放電を用いた大流量プラズマ装置に焦点を当て、装置を開発するとともに空気中の高濃度トルエンの分解に応用した結果をまとめたものであり、6章構成で英文で記述されている。

Chapter 1 Introduction では、大気圧低温プラズマが様々な分野に幅広く応用されていることについて紹介している。特に、大気汚染を防止するため、揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, VOCs) の分解および浄化に誘電体バリア放電 (Dielectric Barrier Discharge, DBD) を使用した技術は有望な選択肢であることを述べている。従来 VOC 処理方法との比較を行い、DBD を用いたプラズマ処理による浄化技術の長所と実現性について論じている。

Chapter 2 Literature review of the previous studies on DBD-based air pollutant abatement では、DBD を用いた大気汚染物質除去に関する先行論文についてまとめている。特に、DBD の基本的特性に加えて、加湿空気をキャリアガスとして用いた場合のトルエン分解経路について、電子衝突反応、ラジカルを介した酸化反応、励起分子反応、イオン分子反応という 4 つが主な反応であることを記述している。また、先行研究における DBD 装置の問題点について議論し、処理能力が数 L/min 以下に限られていること、大流量での分解特性に関する知見が不足していることなどが、DBD プラズマ技術の VOC 削減への実用化を妨げている主な要因であることを述べている。そこで本研究では、大流量の処理が可能な DBD プラズマ装置を開発し、空気中汚染物質の分解処理特性を評価することを目的としたと記述している。

Chapter 3 Design and characterization of single- and two-layer large-flow DBD reactors では、本研究で開発した 2 種類の大流量 DBD 装置、具体的には 1 層および 2 層 DBD 装置について詳細を記述している。これらの装置は、従来報告されている一般的な装置よりも 2 桁大きい最大 110 L/min の DBD プラズマを安定に生成できたと記述している。2 層装置では初期濃度 100 ppm のトルエンを流量 110 L/min で流し、41 W の電力で処理した場合、59.5% という高い分解率を達成している。この装置を用いて、印可電圧、処理流量、処理流速、放電長などのパラメータを変化させたときのトルエン分解率やエネルギー効率を求めている。そして、2 つの装置の分解性能を比較することで、VOC 除去を目的とした大流量 DBD 装置における多層構造の実現性と優位性を実証している。

Chapter 4 Design and characterization of ten-layer upgraded large-flow DBD reactors では、開発した 1 層および 2 層 DBD 装置を改良し、最大 1000 L/min の処理能力を持つ 10 層の DBD 装置を設計し、製作している。この装置の流路設計においては、数値流体力学シミュレーションとガス流の実測によって 3 つのモデルを構築して検証し、流路の最適化を行っている。拡散板およびパンチングメタルを導入することで、装置自体の構造を変えることなく各層の流速を均一にしている。そして、最大 1000 L/min の大流量でも、各層で安定かつ均一なプラズマ生成を生成できたとしている。さらに、空気、アルゴン、ヘリウム、窒素、酸素、二酸化炭素など様々なガスを用いたマルチガスプラズマ生成も確認している。これらの結果から、大流量ガス処理のための 10 層構造

の DBD プラズマ装置を開発し、多層化の有効性と大流量化の実現性が確認できたとしている。

Chapter 5 Decomposition characterization of the ten-layer upgraded large-flow DBD reactor on toluene では、開発した 10 層 DBD 装置による大流量トルエンの分解特性を調べ、結果をまとめている。印加電圧を 22 kV とした場合、100 ppm のトルエンの分解率は 55% となり、10 層 DBD 装置は 1 層装置と 2 層装置の結果と同程度の分解率が得られたとしている。さらに、520L/min の大流量では 35% の分解率と 48.3 g/kWh のエネルギー効率を達成し、国立医薬品食品衛生研究所が定めたトルエンの急性曝露ガイドラインレベル (AEGL 1: 67ppm) を満たしたとしている。

Chapter 6 Overall summary では、本論文で得られた成果を総括するとともに、DBD プラズマの環境浄化等への応用の展望を記述している。以上を要するに、本論文は、誘電体バリア放電を用いた大流量プラズマ装置を開発し、実用に近い条件で空気中の高濃度トルエンの分解処理に応用したもので、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。