The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	高感度吸収分光法の開発とプラズマ反応場中の微量ガス濃度解析
Author(s)	弓井, 孝佳
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26180
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式3

論　文　内　容　の　要　旨

〔　題　　名　〕高感度吸収分光法の開発とプラズマ反応場中の微量ガス濃度解析

学位申請者　　弓　井　孝　佳

本論文では，ディーゼルエンジンやボイラーなどの燃焼機器から排出されるNO_xガスの浄化を行うために新しく提案したプラズマ装置について議論した．また，この装置で生成されるプラズマ中のガス濃度計測を行うために高感度赤外吸収分光法を新たに開発した．このプラズマ装置および診断技術を用いたプラズマ反応場の解析を通じて，提案したプラズマ装置は効率的なNO_x処理に適用できるポテンシャルを持つことを示した．以下に各章の概要を示した．

第1章は緒論として，初めに排ガスに関する社会的・歴史的背景や法規制などについて示した．次に，排ガスの一般的な浄化方法とプラズマによる方法について述べた．また，本研究の目的と論文の全体構成について示した．

第2章は，本論文で用いるプラズマに関する一般的な議論を行った．大気圧放電プラズマを生成するための代表的な方法について述べた．また，大気圧低温プラズマによるガス処理の原理とそのようなプラズマの光学的診断手法について示した．

第3章では，本研究で新しく提案した大気圧RF(Radio-frequency)共振型プラズマ生成装置について述べた．RF共振によるエネルギー増幅の原理と，それに基づいて試作したプラズマ装置の光学的特性について調べた結果を示した．

第4章では，一般的な吸収測定に適用可能な新しい高感度化技術である振幅－時間変換(Amplitude-to-time conversion; ATTC)技術について述べた．電圧制御可変減衰器によって減衰を電気的に模擬したATTC回路を試作し，約200万分の1の振幅減衰まで検知できることを示した．

第5章は，第4章で試作したATTC技術を光吸収分光法に適用した．量子カスケードレーザー(Quantum cascade laser; QCL)と組み合わせた計測装置を試作した．またガスの吸収スペクトルを解析する信号処理方法について述べた．これらの結果，吸収の光路長10 cmにおいて濃度1.7 ppmまでのNO_2を検知することに成功した．

第6章では，第3章で述べた大気圧プラズマ装置をガス処理のリアクターとして用いて，NO_x処理におけるプラズマの重要な役割である，NOの酸化実験を行った．得られた結果について，従来のプラズマによる装置との比較を行い，同等あるいはそれ以上の性能を持つことが分かった．

第7章では，大気圧RF共振型プラズマリアクター中のNO_2濃度を，高感度赤外吸収分光法を用いて測定した．高感度化のために第5章で示したATTC技術を用いた．この診断結果の解析より，導入ガスに含まれているNO_2はプラズマにより分解されるが，ガスがリアクターを通過する時間で，一連の気相反応によって再びNO_2を形成することがわかった．

第8章では，本論文の総括として得られた成果と今後の課題について述べた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　弓　井　孝　佳　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	浜口　智志
	副 査	教授	平田　好則
	副 査	准教授	枚本　敏司
	副 査	准教授	吉村　智

論文審査の結果の要旨

本論文は、ディーゼルエンジンやボイラーなどの燃焼機器から排出される NOx ガスの浄化を行うために新しく提案したプラズマ装置、および、この装置で生成されるプラズマ中のガス濃度計測を行うために新たに開発した高感度赤外吸収分光法について議論している。本研究は、このプラズマ装置および診断技術を用いたプラズマ反応場の解析を通じて、提案したプラズマ装置は効率的な NOx 処理に適用できるポテンシャルを持つことが示している。

第 1 章では、緒論として、初めに排ガスに関する社会的・歴史的背景や法規制、および、排ガスの一般的な浄化方法とプラズマによる方法について述べられている。第 2 章では、大気圧放電プラズマを生成するための代表的な方法について述べられ、また、大気圧低温プラズマによるガス処理の原理とそのようなプラズマの光学的診断手法について示されている。第 3 章は、本研究で新しく提案した大気圧 RF (Radio-frequency) 共振型プラズマ生成装置について議論し、RF 共振によるエネルギー増幅の原理と、それに基づいて試作したプラズマ装置の光学的特性について調べた結果を示している。第 4 章では、一般的な吸収測定に適用可能な新しい高感度化技術である振幅－時間変換 (Amplitude-to-time conversion; ATTC) 技術について述べられている。本研究では、電圧制御可変減衰器によって減衰を電気的に模擬した ATTC 回路を試作し、約 200 万分の 1 の振幅減衰まで検知できることを示した。第 5 章は、第 4 章で試作した ATTC 技術の光吸収分光法への適用について議論している。本研究では、量子カスケードレーザー (Quantum cascade laser; QCL) と組み合わせた計測装置を試作し、またガスの吸収スペクトルを解析する新たな信号処理方法を開発した。これらの結果、吸収の光路長 10 cm において濃度 1.7 ppm までの NO2 を検知することに成功した。第 6 章では、第 3 章で述べた大気圧プラズマ装置をガス処理のリアクターとして用いて、NOx 処理におけるプラズマの重要な役割である NO の酸化実験について述べている。また、得られた結果について、従来のプラズマによる装置との比較を行い、同等あるいはそれ以上の性能を持つことも示されている。第 7 章は、大気圧 RF 共振型プラズマリアクター中の NO2 濃度を、高感度赤外吸収分光法を用いて測定する実験について議論している。ここでは、高感度化のために第 5 章で示した ATTC 技術を用いた。この診断結果の解析より、導入ガスに含まれている NO2 はプラズマにより分解されるが、ガスがリアクターを通過する時間で、一連の気相反応によって再び NO2 を形成することがわかった。 第 8 章には、本論文の総括として得られた成果と今後の課題について述べられている。

以上のように、本論文は本研究の成果は、学術的に新規で奥が深く、また、産業応用としての価値も極めて高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。