

氏 名 深谷 信彦

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第3436号

学位授与の日付 平成19年 3月23日

学位授与の要件 自然科学研究科エネルギー転換科学専攻

(学位規則第4条第1項該当)

学位論文の題目 ガスエンジンの燃焼排出物と性能特性に関する研究

論文審査委員 教授 富田 栄二 教授 鷲尾 誠一 教授 柳瀬眞一郎

### 学位論文内容の要旨

本研究では、天然ガスなどを燃料とするガスエンジンの燃焼生成物と強い着火エネルギーを有するマイクロパイロット着火システムでのエンジン性能特性を調べるため、レーザ計測を用いた研究および実エンジンの性能計測を行った。

ガスエンジンの燃料供給装置の違いにより、混合気の濃度不均質が発生し、これがNO<sub>x</sub>生成や熱効率に影響することから、微視的な濃度度合いを測定し、NO<sub>x</sub>濃度との関係調べた。このため、多孔板を内蔵した定容容器を用い、レーザ誘起蛍光(PLIF: Planer Laser Induced-Fluoresence)法を利用し、燃料と空気の微視的な混合状態を定量的に計測する手法を開発し、混合状態とNO<sub>x</sub>生成の関係を調べた。その結果、多孔板の攪拌前の時間を変えることで、混合気の濃度不均質度を制御することができ、燃焼室内の予混合気全体の平均空気比の違いによって、混合度合いとNO<sub>x</sub>排出量との関係が異なる挙動を示すことがわかった。

未燃炭化水素の生成メカニズムを調べるため、中型副室式希薄ガスエンジンを用い天然ガスに蛍光トレーサ(アセトン)を添加し、PLIF法により未燃領域の可視化および高速度カメラによる燃焼撮影を行った。天然ガスにアセトンを添加した時の燃焼性を調べるため、常圧、加圧下の条件でブンゼンバーナを用いて燃焼試験を行い、アセトンの添加が層流燃焼速度に与える影響を調査した。エンジン燃焼室内をPLIFおよび高速度ビデオにより直接撮影した結果、熱発生が終了した後の主室の中に未燃ガスが存在しており、未燃ガスは副室からでなく主室内からによるものが支配的であることがわかった。

次に、過給式天然単室ガスエンジンを用いて、多点着火が可能な軽油マイクロパイロット着火の燃焼特性、エンジン性能特性を調査した。軽油の噴霧が燃焼特性に影響するため、コモンレール式軽油インジェクタを用いて噴射ノズル孔数、噴射量、噴射時期の影響を調べた。噴霧火炎のカラー撮影画像を解析した結果、軽油の自着火が火炎核となり、天然ガスへの多点着火が確実に起こっていることが観察された。同じ噴射時期では、NO<sub>x</sub>濃度はノズル孔数が3孔の方が4孔より減少し、図示平均有効圧、図示熱効率も少し減少するが、NO<sub>x</sub>濃度が同じレベルでは、エンジン性能もほとんど同じであった。軽油噴射量とNO<sub>x</sub>濃度の関係から、NO<sub>x</sub>生成は噴射された軽油の燃焼が主要因であることがわかった。

廃棄物などのバイオマスを原料としたガス化から発生するH<sub>2</sub>、COを主成分とする4種類の熱分解ガスを上記ガスエンジンを用いてエンジン特性、燃焼特性を調べた。H<sub>2</sub>の割合が多い熱分解ガスは可燃範囲が広く、当量比0.45の希薄混合気においてもサイクル変動率を小さく保つことができ、熱効率の低下も少なかった。パイロット軽油燃料のコモンレール圧力、噴射量を増加させると初期燃焼、主燃焼期間が短くなり熱効率が向上し、不活性ガスを多く含む低カロリーのガスでは、熱効率の改善が大きいことが分かった。しかし、燃料中にCOを含むガスのCO排出濃度は高いレベルで、パイロット噴射量を増やしてもあまり変化がなかった。

## 論文審査結果の要旨

省資源および二酸化炭素の削減のためには、天然ガスおよびバイオマスガスを用いたコージェネレーションシステムの利用が有効である。このとき、エンジンから排出されるNO<sub>x</sub>などの有害排出物質低減、エンジン熱効率の向上および多様なガス燃料への適合性がエンジンに要求される。エンジン内燃焼の観点では、NO<sub>x</sub>を規制値以下に保ちながら熱効率を向上させるために、種々の研究がなされている。

本論文では、天然ガスなどを燃料とするガスエンジンの燃焼生成物と強い着火エネルギーを有するマイクロパイロット着火システムでのエンジン性能特性を調べるため、レーザ計測を用いた研究および実エンジンの性能計測を行った結果を述べている。すなわち、第1章では、研究の背景や意義を述べた後、第2章では、混合気の微視的な混合度合いをレーザ誘起蛍光(LIF)法により測定し、NO<sub>x</sub>濃度との関係を、定容容器を用いて調べた。その結果、燃焼室内の予混合気全体の平均空気比の違いによって、混合度合いとNO<sub>x</sub>排出量との関係が異なる挙動を示すことを定量的に明らかにした。第3章では、エンジン燃焼室内をLIFおよび高速度ビデオにより直接撮影した結果、熱発生終了後の主室の中に未燃ガスが存在しており、未燃ガスは副室からでなく主室内からによるものが支配的であることを示した。第4章では、過給式天然単室ガスエンジンを用いて、多点着火が可能な軽油マイクロパイロット着火の燃焼特性、エンジン性能特性を調査し、軽油の自着火が火炎核となり、天然ガスへの多点着火が確実に起こっていることが写真撮影により明らかになった。第5章では、同じエンジンでバイオマスガスを燃料として利用した場合の燃焼・排気特性を調べ、水素を多く含む場合にはより希薄燃焼が可能でNO<sub>x</sub>低減効果があるが、CO排出量はかなり多いことなどを明らかにした。第6章は結論である。

よって、本論文は、学術および工業上きわめて有意義な内容から構成され、博士(工学)の学位に値するものと判断される。