

混合気の分布形態制御による

小型ディーゼル機関の燃焼・排気改善に関する研究

学位論文内容の要旨

ディーゼル機関は優れた経済性、信頼性、耐久性、コストなどのため輸送システム等において幅広くまた数多く使用されて来ている。しかし、世界的に環境問題への関心が高まる中であって、その未燃炭化水素、微粒子、窒素酸化物等の排気エミッションの低減が課題となると同時に排出ガス規制も年々強化されており、対応技術の研究開発が急務である。

本研究は小型ディーゼル機関の低エミッション化と高効率化とを目的とし、混合気の分布形態が異なる各種燃焼方式の特性について系統的な解明と評価を行うことにより新燃焼法の可能性を検討したものである。すなわち、ディーゼル燃焼ではその混合気の分布形態および質が燃焼過程と排気に対して極めて大きく影響するため、特に燃焼室形状と燃料導入方式などを設計因子とする混合気の分布形態と質の制御によって大幅な燃焼特性の向上並びにその機構解明を行った。

本論文は全8章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の目的および得られた結果の概要について述べると共に、ディーゼル機関における燃料噴射、混合気形成および燃焼・排気に関する研究動向について記述した。

第2章では、本研究における供試機関、実験装置および実験方法について述べると同時に、シリンダ内圧力線図を基にした燃焼解析などのためのデータ処理法について記述した。

第3章においては、通常のディーゼル機関において過早燃料噴射により燃焼室内の混合気を均一予混合に近づけた燃焼法、つまり予混合圧縮着火燃焼の特性について論述した。予混合圧縮着火燃焼では、それによる安定運転範囲が限られるものの、無煙かつ超低 NO_x 燃焼の可能性を明らかにした。未燃排出炭化水素 THC および CO の大幅な増加が得られるが、特に THC の発生に対しては、早期燃料噴射に伴う燃焼室壁面への燃料付着が大きく関与していること、従ってその排出に対しては、燃料性状の中の着火性よりは沸点の影響が大きく、低沸点燃料ほど THC が減少すること等を実証した。

第4章では、ピストンの内側と外側に燃焼室を有するピストン内複室燃焼方式において、二段燃料噴射による内側と外側の燃焼室での濃淡二層混合気形成を試み、その燃焼・排気について特性解明と評価を行った。燃料噴射によって内側燃焼室に濃混合気を、また外側燃焼室に希薄混合気をそれぞれ形成することにより NO_x と黒煙の同時抑制が可能であるが、THC 増加とノッキング発生のため運転領域は低負荷に限定されること、その場合の濃混合気については、空気過剰率が 0.8 程度まで低下しても黒煙は形成されず、NO_x も低いこと等を明らかにした。この方式での濃淡二層混合気形成においては、通常のディーゼル燃焼に比べて NO_x と黒煙を低減し得るものの、それらを更に低減するためには混合気の均質化が必要であることも示唆した。

第5章では、ピストン内複室燃焼方式においてより均質な混合気を得るべくプロパン吸入による希薄混合気形成と、燃料噴射による濃混合気形成とによる濃淡二層燃焼の特性について論述した。この方式により、低NO_x化が促進されるものの、特に内側燃焼室での混合気の均一性が黒煙発生に対してまだ不十分であること、また更なる NO_x と黒煙の同時低減に対しては燃料の早期噴射が極めて有用であること等を明らかにした。

第6章においては、ピストン内単室燃焼方式において、その燃焼室をリップによって上下に分割した上下分割形と二段燃料噴射とにより単燃焼室内での混合気の濃淡二層化を試み、その燃焼・排気の特長評価について述べた。この上下分割形の単一燃焼室では、二段噴射したそれぞれの噴霧が燃焼室内リップの上下に分割分布しており、一段目噴射による噴霧火炎への二段目噴射噴霧の進入が抑制されていること、また両噴射の時期と量を適切に設定することにより無煙・低 NO_x 燃焼が可能であることを実証した。この場合、一段目燃料噴射時期を上死点付近、また二段目をその後に遅延させた二段噴射方式では燃焼遅延により特に熱効率が悪化するが、一段目燃料噴射時期を圧縮行程とし、二段目を上死点近傍に設定する方式を用いることにより良好な熱効率を確保し得ることを明らかにした。

第7章では、上下分割形単一燃焼室において少量の噴射軽油を着火源にすると同時に主燃料であるプロパンの吸入を行い、EGR と吸気絞りを併用することによって広範な運転域におけるノッキングを回避した無煙・超低 NO_x 燃焼の可能性について論述した。この燃焼方式において、着火源となる軽油混合気を燃焼室下部に集中させ、運転条件に応じた EGR および吸気絞りを併用することにより、負荷全域で無煙・超低 NO_x 燃焼が実現できることを実証した。特に高負荷で、多量のプロパン吸入を行ってもノッキングを生ずることなく、静粛で低エミッション・高効率な燃焼が可能であることに加え、吐煙出力限界の拡大により最大出力が大幅に増加することも明らかにした。

第8章は、本論文の結果であって、本研究で得られた結果を総括した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宮 本 登
副 査 教 授 福 迫 尚一郎
副 査 教 授 菱 沼 孝 夫
副 査 教 授 伊 藤 献 一
副 査 助 教 授 小 川 英 之

学 位 論 文 題 名

混合気の分布形態制御による

小型ディーゼル機関の燃焼・排気改善に関する研究

ディーゼル機関は優れた経済性、信頼性、耐久性、コストなどのため輸送システム等において幅広くまた数多く使用されて来ている。しかし、世界的に環境問題への関心が高まる中であって、その微粒子、窒素酸化物、未燃炭化水素等の排気エミッションの低減が社会的急務になっている。

本研究では小型ディーゼル機関の低エミッション化と高効率化とを目的として、混合気の分布形態が異なる各種燃焼方式の特性を系統的に解明・評価することにより新燃焼法の可能性について検討している。

本論文は全8章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の目的、得られた結果の概要およびディーゼル燃焼と排気に関する研究動向について記述している。

第2章では、本研究における供試機関、実験装置および実験方法について述べている。

第3章においては、通常のディーゼル機関において過早燃料噴射により燃焼室内の混合気を均一予混合に近づけた燃焼法、つまり予混合圧縮着火燃焼について検討し、安定運転範囲が大幅に限定されるものの、無煙かつ超低NO_x燃焼が可能であることを実証している。またその際問題となる特に未燃排出炭化水素THCの発生に対しては、早期燃料噴射に伴う燃焼室壁面への燃料付着が大きく関与していることも明らかにしている。

第4章では、ピストン上面の内側と外側に燃焼室を有するピストン内複室燃焼方式において、二段燃料噴射による内側と外側の燃焼室での濃淡二層混合気形成を試みており、NO_xと黒煙の同時抑制が可能ではあるが、THC増加とノッキング発生のため運転領域は低負荷に制約されること、内側燃焼室での混合気濃度につい

ては空気過剰率が0.8程度まで低下しても黒煙は形成されず NO_xも低いことを見出している。またこの燃焼方式では、通常のディーゼル燃焼に比べてNO_xと黒煙を低減し得るものの、それらを更に低減するためには混合気の均質化が必須であることを示唆している。

第5章では、ピストン内複室燃焼方式においてより均質な混合気を得るべくプロパン吸入による希薄混合気形成と、燃料噴射での濃混合気形成とによる濃淡二層燃焼方式について検討しており、この方式では低NO_x化が促進されるものの、特に内側燃焼室における混合気の均一性が黒煙発生に対して不十分であること、NO_xと黒煙の同時低減に対しては燃料の早期噴射が有効であること等を見出している。

第6章においては、ピストン内単室燃焼方式において、その燃焼室をリップによって上下に分割した上下分割形と二段燃料噴射とにより単燃焼室内での混合気の濃淡二層化を試みており、二段噴射の時期と量を適切に設定することによって無煙・低NO_x燃焼が可能であることを実証している。この場合、一段目燃料噴射時期を上死点付近、また二段目をその後に遅延させた二段噴射方式では燃焼遅延により特に熱効率が悪化するが、一段目燃料噴射時期を圧縮行程とし、二段目を上死点近傍に設定する方式を用いることにより良好な熱効率を確保し得ることも明らかにしている。

第7章では、上下分割形単一燃焼室において少量の軽油を噴射すると同時にプロパン吸入を行う燃焼方式について検討し、着火源となる軽油混合気を燃焼室下部に集中させ、運転条件に応じてEGRおよび若干の吸気絞りを併用することによって、負荷全域に亘って無煙・超低NO_x燃焼が実現できることを実証している。特に高負荷で、多量のプロパン吸入を行ってもノッキングを生ずることなく、静粛で低エミッション・高効率な燃焼が可能であることに加え、吐煙出力限界の拡大により最大出力が大幅に増加することも併せて見出している。

第8章では、本研究で得られた結果を総括している。

これを要するに、著者はディーゼル機関における燃焼と排気の改善に関する新知見を得ており、内燃機関工学、燃焼工学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。