

学位論文題名

内燃機関における二段噴射層状燃焼に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、省資源および環境問題等の観点から内燃機関における熱効率と排気エミッションの更なる改善が強く求められており、中でも排気エミッションの一つであるNO_xに対する対策技術の確立が急務とされている。

本研究は、混合気の層状希薄点火燃焼による内燃機関の高効率化と低エミッション化を目標として、層状燃焼方式における各種燃焼系因子の性能に対する影響と最適条件を系統的に解明するとともに、その燃焼・排気特性の燃料性状への依存性についても明らかにすることにより、高効率で低エミッションの層状希薄燃焼の可能性を実証し、その実現のための指針を提示したものである。

層状希薄燃焼を実現する手段として、同一の燃料噴射ノズルから燃焼室内に燃料を二度に分けて噴射する二段噴射層状燃焼方式を提案した。この方式は、吸気行程中において一段目燃料噴射を行い燃焼室内に希薄な予混合気を形成した後、点火直前に点火プラグ近傍へ二段目の燃料噴射を行うことによって、燃焼室全体としては希薄であるが点火プラグ近傍には可燃混合気を形成させて、希薄混合気の安定着火と高効率で低エミッションの層状燃焼を実現しようとするものである。また、この燃焼方式では、二段目の燃料噴射に起因する燃焼室内ガス流動あるいは乱れによる燃焼促進効果も併せて期待できる。

本論文は、全7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ともに、研究の背景ならびに希薄燃焼機関の研究動向について記述した。

第2章では、供試機関、実験に用いた装置ならびに測定方法について記述した。本研究では、二段噴射層状燃焼方式における燃焼および排気特性を解明するために、通常のディーゼル機関を二段直接噴射式層状点火燃焼機関に改造するとともに、層状混合気の燃焼を可視化するための機関および定容燃焼装置をそれぞれ試作した。

第3章においては、まず実験に先立って、とくにNO_x生成特性に対する化学反応計算により、二段層状燃焼に係わる各種影響因子とNO_x生成量との関係について基礎的な検討を行い、層状燃焼によるNO_x低減の基礎的指針を提示した。すなわち、初期過濃・後

期希薄の二段層状燃焼では、双方の混合比の差が大きいほど、過濃混合気領域が小さいほど、また過濃燃焼から希薄燃焼への移行時間が短縮するほどNO_x生成の抑制が可能になること等を明らかにした。

第4章では、二段噴射層状燃焼方式に関与する各種因子の機関諸性能に対する影響の解明とその最適値について論述すると同時に、この方式によって機関の熱効率および排気エミッションを大幅に改善しうることを実証した。つまり、二段噴射層状燃焼方式では、通常の均一混合燃焼方式に比べて、著しい希薄燃焼が可能となり熱効率、NO_x濃度、炭化水素濃度等の大幅な改善が得られること、特に低負荷時における希薄燃焼限界および高負荷時でのノック限界をそれぞれ大きく拡大し得ること等を論述した。とくに希薄燃焼時の熱効率向上は、主として二段燃料噴射にともなう燃焼促進効果による燃焼期間の短縮と燃焼の安定化とに起因すること、また燃焼の層状化にともなうNO_x濃度の大幅な低減については、計算による層状燃焼のNO生成特性からその傾向を定性的に説明し得ることを明らかにした。なお、機関の熱効率および排気特性に対する二段目燃料噴射時期、二段目燃料噴射割合、およびノズル噴孔等燃焼関連因子の最適値についても併せて解明すると共に、高速度火炎撮影によって二段噴射層状燃焼方式における燃焼促進効果を検討した。

第5章では、二段噴射層状燃焼方式における出力性能と、排気エミッションに及ぼす燃料性状の影響、およびこの方式の燃料適応性に関する検討結果を論述した。燃料性状因子の中でもとくにオクタン価および沸点あるいは蒸留温度に注目し、これらの燃料性状が二段噴射層状燃焼方式における熱効率、排気エミッション、および最高出力等に及ぼす影響を解明し、この燃焼方式が高沸点燃料および低オクタン価燃料に対して優れた適応性を有すると同時に、耐ノック性と燃焼促進特性が著しく高いことを併せて立証した。

さらに、将来的に有望な石油代替燃料の一つとされているメタノールについても、その二段噴射層状燃焼方式に対する適合性を検討し、均一燃焼方式に比べて二段噴射層状燃焼方式はメタノールに対する適合性が高く、高熱効率・低エミッションの燃焼が可能であることを明らかにした。

第6章においては、可視化用定容燃焼器による二段層状燃焼の観察と特性の解明の結果について論述した。シュリーレン撮影による定容燃焼器内での層状燃焼火炎観察によって、希薄予混合気中に燃料噴流が導入される本層状燃焼方式では、同一混合比の均一予混合燃焼に比べて燃焼速度が全般に著しく高くなること、またこの燃焼速度は空気過剰率、燃料の噴射圧力等の条件に依存するものの、燃料噴流によるガス流動あるいは乱れの発生によって大幅に増加すること等を検証した。

第7章は本論文の結論であって、本研究において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 村 山 正
副 査 教 授 伊 藤 獻 一
副 査 教 授 竹 澤 暢 恒

学位論文題名

内燃機関における二段噴射層状燃焼に関する研究

近年、省資源および環境問題等の観点から内燃機関における熱効率と排気エミッションの更なる改善が強く求められており、中でも排気エミッションの一つであるNOxに対する対策技術の確立が急務とされている。

本研究は、混合気の層状希薄点火燃焼による内燃機関の高効率化と低エミッション化を目標として、層状燃焼方式における各種燃焼系因子の性能に対する影響と最適条件を系統的に解明するとともに、その燃焼・排気特性の燃料性状への依存性についても明らかにすることにより、高効率で低エミッションの層状希薄燃焼の可能性を実証し、その実現のための指針を提示している。

層状希薄燃焼を実現する手段として、同一の燃料噴射ノズルから燃焼室内に燃料を二度に分けて噴射する二段噴射層状燃焼方式を提案しているが、この方式は、吸気行程中において一段目燃料噴射を行い燃焼室内に希薄な予混合気を形成した後、点火直前に点火プラグ近傍へ二段目の燃料噴射を行うことによって、燃焼室全体としては希薄であるが点火プラグ近傍には可燃混合気を形成させて、希薄混合気の安定着火と高効率・低エミッションな層状燃焼を実現しようとしたものである。

本論文は、全7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、研究の背景、ならびに希薄燃焼機関の研究動向等について記述している。

第2章では、供試機関、実験に用いた装置ならびに測定方法について記述している。

第3章においては、特にNOx生成特性に対する化学反応計算により、二段層状燃焼に係わる各種影響因子とNOx生成量との関係について基礎的な検討を行い、層状燃焼によるNOx低減の

基礎的指針を提示している。すなわち、初期過濃・後期希薄の二段層状燃焼では、双方の混合比の差が大きいほど、過濃混合気領域が小さいほど、また過濃燃焼から希薄燃焼への移行時間が短縮するほどNOx生成の抑制が可能になること等を明らかにしている。

第4章では、二段噴射層状燃焼方式に関与する各種因子の機関諸性能に対する影響の解明とその最適値について論述すると同時に、この方式によって機関の熱効率および排気エミッションを大幅に改善しうることを実証している。つまり、二段噴射層状燃焼方式では、通常の均一混合燃焼方式に比べて、著しい希薄燃焼が可能となり熱効率、NOx濃度、炭化水素濃度等の大幅な改善が得られること、特に低負荷時における希薄燃焼限界および高負荷時でのノック限界をそれぞれ大きく拡大し得ること等を明らかにしている。特に希薄燃焼時の熱効率向上は、主として二段燃料噴射にともなう燃焼促進効果による燃焼期間の短縮と燃焼の安定化とに起因すること、また燃焼の層状化にともなうNOx濃度の大幅な低減については、計算による層状燃焼のNO生成特性からその傾向を定性的に説明し得ることに言及している。

第5章では、二段噴射層状燃焼方式における出力性能と排気エミッションに及ぼす燃料性状の影響、およびこの方式の燃料適応性に関する検討結果について論述している。燃料性状因子の中でも特にオクタン価および沸点あるいは蒸留温度に注目し、これらの燃料性状が二段噴射層状燃焼方式における熱効率、排気エミッション、および最高出力等に及ぼす影響を解明し、この燃焼方式が高沸点燃料および低オクタン価燃料に対して優れた適応性を有すると同時に、耐ノック性と燃焼促進特性が著しく高いことを立証している。

第6章においては、可視化用定容燃焼器による二段層状燃焼の観察と特性の解明の結果について論述している。シュリーレン撮影による定容燃焼器内での層状燃焼火炎観察によって、希薄予混合気中に燃料噴流が導入される本層状燃焼方式では、同一混合比の均一予混合燃焼に比べて燃焼速度が著しく高くなること、またこの燃焼速度は空気過剰率、燃料の噴射圧力等の条件に依存するものの、燃料噴流によるガス流動あるいは乱れの発生によって大幅に増加すること等を検証している。

第7章は本論文の結論であって、本研究において得られた結果を総括している。

これを要するに、著者は内燃機関における二段噴射層状燃焼の特性とそれによる高効率・低エミッション化に対して系統的な新知見を得ており、内燃機関工学および燃焼工学の進歩に寄与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があるものと認める。