

(論文内容の要旨)

本論文は、高い熱効率を期待できる直接噴射式圧縮着火機関における各種代替燃料の有効利用を目指し、水素・天然ガスなどのガス燃料およびバイオディーゼル燃料、天然ガス合成液体燃料を高温空气中に高圧噴射した際の自着火燃焼過程について実験的に調査したもので、6章から構成されている。

第1章の緒論では、直接噴射式圧縮着火機関が優れた燃費性能を持つ動力システムとして期待されているものの、将来の石油資源不足の観点から各種代替燃料利用が必要であることとその可能性について検討している。さらに、それらの燃料の最適燃焼制御や有害物質低減を図るために基本となる着火・燃焼特性を調査するための方法について、これまで行われてきた基礎研究の動向と得られた知見をまとめるとともに、本研究の目的と取り組むべき内容を提示している。

第2章では、本研究で用いた実験の方法と対象とした実験条件について示している。実験では、定容容器内でエチレン・水素・酸素・窒素からなる希薄予混合気を燃焼させて高温高圧雰囲気を発生させ、所定の温度・圧力となった時に燃料を一定期間噴射し、その後の着火・燃焼特性を燃焼室内圧力経過ならびにシャドウグラフ像の高速度撮影観察により調べる。これにより、圧縮着火機関の燃焼室内における温度・圧力・酸素濃度の雰囲気を模擬し、とくに温度を広い範囲にわたって設定・変更できる。さらに、ガス噴流と液体噴霧それぞれの着火遅れの考え方および燃焼解析の方法について検討している。

第3章では、高温高圧雰囲気中に高圧の水素および天然ガスを噴射した際の着火遅れならびに燃焼経過について実験調査した結果を示している。種々の噴射および雰囲気条件について実験を行った結果より、比較的低い温度では噴孔径の小さいノズルの方が希薄化が進行して着火遅れが長くなり、高温では混合気形成の進行に応じて着火が早く起こること、酸素分率の低下とともに着火は遅れるものの、高温場では酸素分率による反応速度への影響は小さくなり、ほぼ等しい着火遅れとなることなど、直接噴射式圧縮着火ガス機関における燃焼制御に有用な知見を明らかにしている。

第4章では、廃食油由来のバイオディーゼル燃料 **BDF** を対象とし、噴霧の発達状況および広い雰囲気温度範囲での自着火燃焼過程を調査している。得られた結果に基づいて、**BDF** と通常の軽油の噴霧到達距離に明確な差はないが先端部における混合気形成が遅れること、**BDF** は軽油より着火遅れが長いものの、経年酸化により酸価が増大したものは着火性が軽油と同等にまで改善されること、**20% BDF** 混合軽油は軽油とほぼ等しい着火遅れとなること、など **BDF** を既販ディーゼル車に用いる際に基礎となる知見を示している。さらに、低温流動性向上に用いられるイソプロピルアルコールをわずかに添加することで、低温での着火性が向上することを明らかにしている。

第5章では、将来のディーゼル代替燃料として期待される天然ガス合成燃料 **GTL** を対

象とし、蒸留特性の異なる数種の燃料について噴霧の着火・燃焼特性を調べている。種々の雰囲気温度、圧力および噴射の条件で実験した結果より、粘度および 90 % 留出温度の低い燃料は噴霧の高濃度領域が短く噴霧先端部での混合気形成が促進すること、GTL は軽油に比べて着火遅れが短く、製造時の蒸留特性によって低温度域での着火性に大きな差が生じること、低温度域での着火遅れは、高圧条件ではセタン価に依存するのに対し、比較的低い圧力では粘度および 90 % 留出温度に関係し、軽油では予混合的燃焼となる条件においても GTL では輝炎を伴う拡散的燃焼が認められることなど、設計・運転条件の選定に役立つデータを提示している。

第 6 章の結論では、本研究で得られた成果を要約し、各種ガス噴流および液体噴霧の発達過程と着火・燃焼に関わる基本特性を定容燃焼装置により基礎的に調査した結果をまとめて示している。とくに、噴射および雰囲気条件の影響を広い範囲にわたって明らかにしたことの意義と、それに基づいて検討した各種代替燃料の可能性および今後の展開についてまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、水素・天然ガスなどのガス燃料およびバイオディーゼル燃料、天然ガス合成液体燃料など、石油代替として期待される各種燃料を高温空气中に高圧噴射した際の自着火燃焼過程について実験的に調査したもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1) 定容容器内で希薄予混合気を燃焼させて高温高圧雰囲気気を発生させ、高圧の水素および天然ガスをその中に一定期間噴射した際の着火・燃焼特性を調べた。種々の噴射および雰囲気条件について実験を行った結果、比較的低い温度では噴孔径の小さいノズルの方が希薄化の進行により着火遅れが長くなること、酸素分率の低下とともに着火は遅れるものの、高温場では酸素分率による反応速度への影響は小さくなり、ほぼ等しい着火遅れとなることなど、直接噴射式圧縮着火ガス機関における燃焼制御に有用な知見を得た。

2) 上述の定容燃焼装置に、廃食油由来のバイオディーゼル燃料 **BDF** を適用し、噴霧の発達状況および広い雰囲気温度範囲での自着火燃焼過程を調査した。得られた結果に基づき、**BDF** と通常の軽油の噴霧到達距離に明確な差はないが先端部における混合気形成が遅れること、**BDF** は軽油より着火遅れが長いものの、経年酸化により酸価が増大したものは着火性が軽油と同等にまで改善されること、**20% BDF** 混合軽油は軽油とほぼ等しい着火遅れとなること、など **BDF** を既販ディーゼル車に用いる際に基礎となる知見を示した。さらに、低温流動性向上に用いられるイソプロピルアルコールをわずかに添加することで、低温での着火性が向上することを明らかにした。

3) 将来のディーゼル代替燃料として期待される合成燃料 **GTL** を対象とし、蒸留特性の異なる数種の燃料について噴霧の着火・燃焼特性を調べた。種々の雰囲気温度、圧力および噴射の条件で実験した結果、粘度および **90 %** 留出温度の低い燃料は噴霧の高濃度領域が短く噴霧先端部での混合気形成が促進すること、**GTL** は軽油に比べて着火遅れが短く、製造時の蒸留特性によって低温度域での着火性に大きな差が生じること、低温度域での着火遅れは、高圧条件ではセタン価に依存するのに対し、比較的低い圧力では粘度および **90 %** 留出温度に関係し、軽油では予混合的燃焼となる条件においても **GTL** では輝炎を伴う拡散的燃焼が認められることなど、設計・運転条件の選定に役立つデータを提示した。

以上、本研究は、各種ガス噴流および液体噴霧の発達過程と着火・燃焼に関わる基本特性を定容燃焼装置により基礎的に調査し、噴射および雰囲気条件の影響を広い範囲にわたって明らかにすることで各種代替燃料の可能性を示し、将来の高効率エンジン利用に大きく貢献するもので、得られた知見は学術上、實際上、寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成 21 年 8 月 20 日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。