

急速圧縮機を用いたマイクロ波プラズマが噴霧燃焼に及ぼす影響に関する研究

日大生産工(院) ○関根 元輝

日大生産工 野村 浩司 東京大 工 中谷 辰爾 東京大 工 津江 光洋 日大生産工 氏家 康成

1. 緒言

近年、地球温暖化や化石燃料の枯渇、大気汚染などといった環境問題が発生し、自動車業界では課題の一つとして内燃機関の高効率化および環境負荷低減が急務となっている。ディーゼルエンジンは、優れた燃料経済性やトルク性能に優れていることから、農・建産機、バス、船舶などに搭載され、更に RV 車および乗用車としての活用範囲が大幅に広がってきている。しかし、社会環境との調和が強く叫ばれている今日、ディーゼルエンジンにとって克服すべき課題は多い。より強化される排ガス規制や騒音規制をクリアするとともに、燃料経済性の更なる向上、コスト、始動性などの改善が強く望まれている。

従来のディーゼルエンジンでは高圧縮比にするほど理論熱効率を向上できることから高圧縮比化される傾向にあった。しかし、高圧縮比化に伴い摩擦の増大や圧力上昇に対する機械的強度が必要となるため、コストや重量の増大、さらには振動の増大につながる。また、燃焼温度が高くなり、 NO_x が増大することも問題としてあげられる。そのため、現在ではディーゼルエンジンの圧縮比を低くする傾向にある。(1)(2)

低圧縮比化することにより理論熱効率は下がるが、機械効率が大きく向上し、コスト、重量、振動を低減できる。また、燃焼温度が下がり NO_x の発生を抑制することができる。しかし、低圧縮比化によって自己着火しにくくなるという問題を抱えている。この問題を解決し、低圧縮比化を実現させるために必要な新たな技術が求められている。

本研究では確実な点火と NO_x の低減、燃焼の促進を実現するマイクロ波プラズマ点火に着目した。手始めとしてディーゼル機関に適用する前段階として、急速圧縮機を用いて噴霧液滴に対してマイクロ波プラズマを印加させ、点火・燃焼特性を調べた。

2. 実験装置

本研究で用いた実験装置を Fig.1 に示す。実験装置は、急速圧縮機、オイルドライバ、点火装置系、計測装置系、マイクロ波導入装置系から構成される。シリンダ内径は 60mm、ピストン行程 110 ~130mm である。

Fig.2 に示すマイクロ波導入装置系は、マイクロ波発生装置、導波管、スラグチューナー、アンテナより構成されている。マグネトロンは作動周波数 $2.45\text{GHz} \pm 50\text{MHz}$ 、マイクロ波出力 50 ~500W である。マグネトロンによってマイクロ波を生成させ導波管、同軸ケーブルを用いて伝送し、アンテナからマイクロ波

を放射する。また、導波管に取り付けたサンケン製 SDT- 50S の検波器を用いてマイクロ波の進行波と反射波の出力を測定した。トリガースパーク電極とアンテナとの間隙においてスパークを印加させることによりマイクロ波プラズマを発生させる。

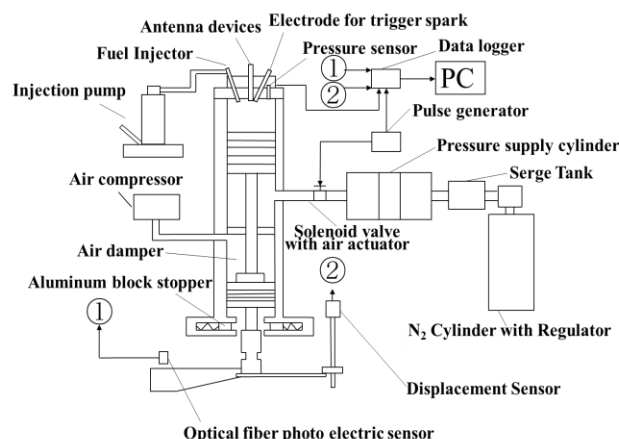


Fig.1 Outline of rapid compression machine

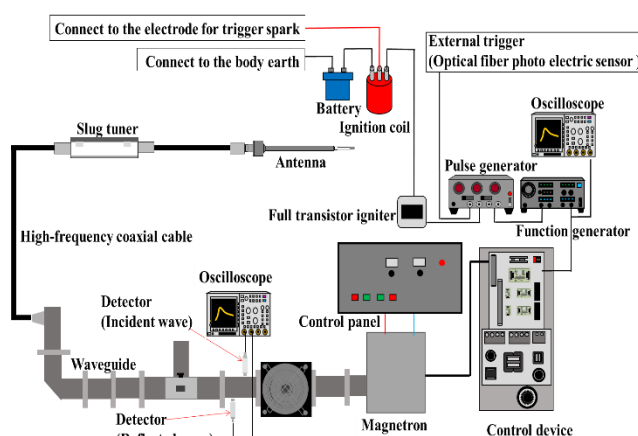


Fig.2 Microwave generator

A study on the effect of microwave plasma using a rapid compression machine on the spray combustion

Genki SEKINE, Hiroshi NOMURA, Shinji NAKAYA, Mitsuhiro TSUE, Yasushige UJIIE

2.2 実験方法

本実験では点火時期 BTDC6deg 相当, 圧縮比 14 ~ 11 のそれぞれの条件で燃焼実験を行った。燃料は軽油を使用し, 空気過剰率 $\lambda=2$ になるようインジェクターの開口時間を調整した。噴射ポンプより燃料噴射圧を 40MPa 一定にし, インジェクター(6 噴口)を用いて, 燃料噴射を行った。圧縮動作に入り, 所定のタイミングで同時に燃料噴射とトリガースパークを与えてマイクロ波を放射した。このときの圧力履歴, ピストン変位および点火時期を記録し, マイクロ波を印加させた場合と自着火のみの場合を比較した。マイクロ波を 1~20kHz でトリガースパークと同期させた。

3. 実験結果および考察

Fig.3 に各圧縮比における自着火のみの場合とマイクロ波を印加させた場合での, 燃焼実験の圧力履歴を示す。Fig.3 では 0sec を噴射時期およびトリガースパークの放電時期としている。圧力履歴より, 圧縮比 14, 13, 12 ではマイクロ波を印加させた場合について, 自着火のみの場合と比較したとき最大燃焼圧力に差はみられなかった。しかし, 燃焼圧の立ち上がりはどの圧縮比においても急速化され, 圧縮比 12 においては急速化が顕著にみられた。その結果, 燃焼時間が短縮される傾向がみられた。

圧縮比 11 について, 自着火のみの場合では燃焼圧の立ち上がりが遅く, 正常な燃焼が行われていないと考えられる。しかし, マイクロ波を印加させた場合では燃焼圧の立ち上がりが急峻になり, 最大燃焼圧が増大した。この結果より, マイクロ波プラズマが有効に働き正常な燃焼になったと考えられる。

これらはマイクロ波プラズマを印加することで着火遅れが短縮し, その後の火炎伝播の促進につながったものだと考えられる。

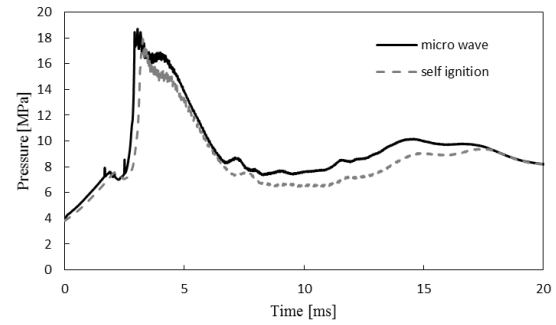
4. 結言

急速圧縮機を用いて噴霧液滴に対しマイクロ波プラズマを印加させたときの点火特性と燃焼特性について調査した結果, 以下の結論を得た。

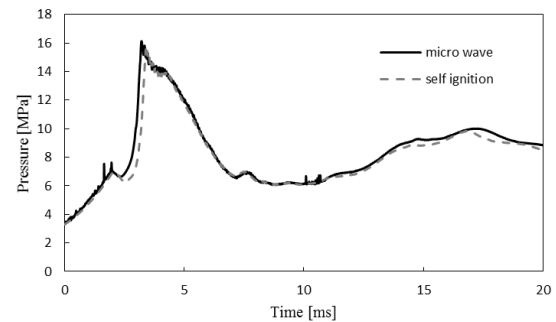
1. 自着火のみの場合とマイクロ波を印加させた場合の圧力履歴を比較すると燃焼圧の立ち上がりが急峻となる傾向がみられた。
2. 圧縮比 11 においてマイクロ波を印加した場合で燃焼圧の増大が確認できたことより, 噴霧液滴の点火においてマイクロ波プラズマは有効であることが確認できた。

参考文献

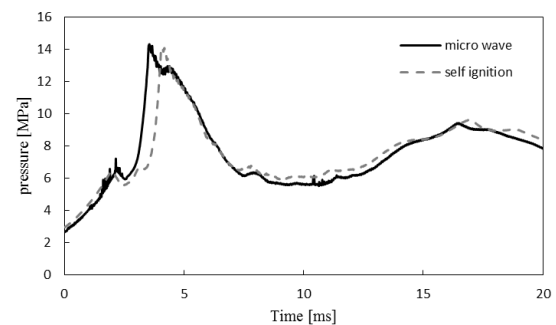
1. 人見光夫・中井英二・寺沢保幸ほか, 日本機械学会誌 116(1134), 300, 2013
2. 小山崇・藤原清・長江正浩ほか, 自動車技術論文集 42(3), 747-752, 2011



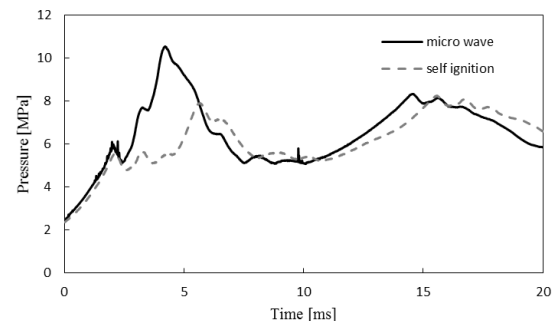
A ($\epsilon=14$)



B ($\epsilon=13$)



C ($\epsilon=12$)



D ($\epsilon=11$)

Fig.3 Pressure history