

氏名	Robert Kiplimo
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4555号
学位授与の日付	平成24年 3月23日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Combustion and Engine-out Emission Characteristics of a PCCI Diesel Engine (PCCI ディーゼルエンジンの燃焼およびエンジンからの排出ガスの特性)
論文審査委員	教授 富田栄二 教授 柳瀬眞一郎 教授 堀部明彦 准教授 河原伸幸

### 学位論文内容の要旨

The thesis outlines the steps taken in resolving the barriers prohibiting the implementation of PCCI combustion strategy for the low load condition. The barriers include but not limited to wall wetting leading to fuel dilution, difficulty in fuel-air mixture preparation and combustion phasing problems. Among these key factors investigated are the effect of compression ratio, injection timing and pressure, simulated exhaust gas recirculation and the spray targeting spot on the combustion and pollutant formation. Visualization of the spray development and combustion phenomena while considering the conventional parameters as in-cylinder pressure and engine-out emissions were considered. Spectroscopic analysis of intermediate species of combustion under PCCI combustion strategy was also investigated.

Chapter 1 outlines the background and motivation of the current research, the main and specific objective of the research, the methodology, the outline and the references considered.

Chapter 2 gives the literature review detailing the fundamentals of conventional diesel engine and PCCI diesel engine. The keys tools that have been used to study the combustion in diesel engine like the rate of heat release and visualization of the process has been described in details. The main pollutant, NO<sub>x</sub> and soot that are harmful to the human and the environment emanating from diesel engine have been described. The key factors that would affect the implementation of PCCI combustion strategy like the injection pressure, injector characteristics, piston bowl geometry, compression ratio, intake temperature, exhaust gas recirculation and supercharging/turbocharging have been considered in details. The latest technology in regards to these parameters has been investigated in details.

Chapter 3 describe in details PCCI diesel engine and it's diagnostic. The first part deals with the test and optical engine experimental setup. The second part describes the conventional engine diagnostics and optical diagnostics. The conventional engines diagnostics include the rate of heat release, engine performance and engine-out exhaust emissions while the optical diagnostics include the passive and active optical measurements. Detailed method of image acquisition and processing is also presented in this section.

In chapter 4 the effects of compression ratio and EGR on combustion and exhaust emission characteristics of a diesel PCCI engine are presented in detail.

In chapter 5 the effect of spray impingement, injection parameters and simulated EGR with nitrogen dilution on combustion and emissions characteristics of a PCCI diesel engine is presented.

In chapter 6 the study on the spectrum analysis of chemiluminescence of a low sooting PCCI diesel engine operating with moderately early injection timing is presented. The main intermediate species like CH\*, OH\*, CH<sub>2</sub>O\*, CO-O\* that mark the different phases of the combustion process are discussed for two injection pressure and two different measurement locations.

In chapter 7 the summary outlining the conclusions arrived at in this dissertation are presented.

## 論文審査結果の要旨

ディーゼル燃焼は今まで拡散燃焼を主としてきたが、高効率でありながら低公害な新しい燃焼方式として、予混合的な燃焼を積極的に取り入れていこうとするPCCI（予混合圧縮自着火）燃焼が注目されている。本研究では、単に、出力などのエンジン性能やエンジンからの排気性能を調査するだけでなく、ピストン部を透明にしてボトムビュー方式で、エンジンシリンダ内における噴霧の広がりや燃焼の可視化、燃焼の分光学的解析を通して、PCCI燃焼を理解することが目的である。そのために、シリンダ内燃焼やNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）やスモークなどの有害排出物質に及ぼす圧縮比、燃料噴射時期、燃料噴射圧、EGR（排気再循環）の影響を調べている。

その結果、可視化による燃料噴霧の到達の時間的变化から、燃料噴射時期を変更すると、ピストン形状との関係によって燃焼過程にかなりの変化が生じることを明らかにした。実際に燃焼の様子も観察し、燃料噴射時期を早めていくとその輝炎の度合いが少なくなり、不輝炎に近づくことや、燃料噴射圧力を高くすると微粒化が促進され、より不輝炎になることなどが確認できた。また、EGRを40%にした場合には、燃焼が最適化され、熱効率の向上とともに、スモークはほぼ同程度ながら、NO<sub>x</sub>が極端に低くなり、より不輝炎になっていることなども分かった。さらに、エンジンに自作の光センサを取り付けて、燃焼時の光を光ファイバで分光器に導き、光のスペクトル解析をした。その結果、早期噴射時にはホルムアルデヒドが観測されて低温酸化反応が生じていること、その後の熱炎の発生時にはCOとOの再結合反応を観測することができた。その途中にもOHラジカル、CHラジカルなど特徴的なラジカル類の反応を特定することができた。

以上より、本論文は、今後のディーゼル機関の熱効率向上および有害排出物質低減という社会的要請に対して、PCCI燃焼を可視化と分光学的手法によってその反応過程まで議論したことに関して学術上また工学上寄与するところが多い。よって、博士（工学）の学位に値するものと認められる。