

氏名	ALIREZA VALIPOUR BERENJESTANAKI
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博乙第4505号
学位授与の日付	2019年 9月25日
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文の題目	A Study of PREMIER Combustion Characteristics in a Pilot Ignited Dual-Fuel Biogas Engine (パイロット着火式二元燃料バイオガスエンジンにおける PREMIER 燃焼特性に関する研究)
論文審査委員	教授 富田栄二 教授 堀部明彦 教授 大橋一仁 准教授 河原伸幸
学位論文内容の概要	
<p>In this study, lean-burn dual-fuel combustion gas engines is used due to its ability to operate in conjunction with various environmentally friendly gaseous fuels. The main goal of a dual-fuel engine is to minimize fossil fuel dependency while improving performance and maintaining exhaust emissions as low as possible. However, knocking is an issue for operation at higher load. In order to improve the thermal efficiency of internal combustion engines at high loads, PREMIER combustion is proposed as a precursor to knocking. PREMIER combustion differs significantly from normal combustion and knocking combustion in its end-gas autoignition characteristics. The main indicator of knocking is pressure oscillation. To explore pressure oscillation, a band-pass-filter (4–20 kHz) was applied to all pressure history data. The maximum instantaneous pressure difference between consecutive signals passing through the digital band-pass-filter was defined as the knocking intensity (KI). Any KI above a certain threshold (0.1 MPa) was defined as knocking. In terms of PREMIER operation, it is required that over 50% of cycles should exhibit end-gas autoignition without knocking (i.e., $KI \leq 0.1$ MPa). In the first part of this study, combustion, performance, emissions and end-gas autoignition characteristics of dual- fuel gas engine fueled with simulated biogas are discussed. The biogas consisted of CH₄, CO₂, and N₂ at 58, 35, and 7% by volume, respectively. The experiment is carried out at three intake pressures of 101, 150 and 200kPa. Results indicated that the maximum mean effective pressure and thermal efficiency are evident during PREMIER operation because of knock-free autoignition in the end-gas region. Both a higher intake pressure and advanced injection timing promoted PREMIER combustion. When the pressure and temperature of a premixed fuel mixture rose as injection timing was advanced, end-gas autoignition commenced earlier. The end-gas autoignition delay became shorter as intake pressure was increased and injection timing advanced. As the injection timing is advanced and the pressure boosted, more cycles underwent end-gas autoignition;the PI (PREMIER intensity) value rose. In the second part of this study, combustion, performance, emissions and end-gas autoignition characteristics of dual- fuel gas engine fueled with methane- CO₂ are discussed. Thermal efficiency is slightly increased by addition of CO₂ under PREMIER combustion owing to knock-free end-gas autoignition of unburned mixture. When injection timing is advanced and PREMIER combustion achieved, IMEP increased as a result. Addition of CO₂ could suppress knocking and more knock-free end-gas autoignition cycles (PREMIER combustion) achieved. When the ratio of CO₂ to CH₄ increases, ratio of PREMIER combustion increases as well.</p>	

論文審査結果の要旨

本論文は、バイオガスを主燃料として、軽油パイロット着火式による二元燃料の燃焼、特に、PREMIER燃焼という現象に焦点を当てて、その燃焼特性に関する研究を行った。バイオガスは、汚泥や家畜の糞尿など、いわゆる廃棄されるような物質を熱分解等によって、メタンと二酸化炭素が主となるガスに改質して、燃料として利用するものであり、SDGsの観点からも、今後、ますますその利用価値は高まるものと期待される。また、PREMIER燃焼は、このようなガス機関の燃焼において観察されることが本研究室によって見出されており、熱効率が高く、HCやCOが低くなるが、ノックには至らないという燃焼形態である。この燃焼方式は条件が揃えば実現できるものの、運転範囲は比較的狭く、その運転領域の拡大とそのメカニズムの解明が課題である。そのためには、本燃焼形態の特性を明らかにする必要がある。

そこで、本研究では、まず、PREMIER燃焼の燃焼特性に関するいくつかのパラメータを提案した。メタンと二酸化炭素で構成されるバイオガス中の二酸化炭素の量および吸気圧力を変えて実験を行い、PREMIER燃焼特性の評価を実施した。まず、吸気圧力を上昇させると、PREMIER燃焼が生じやすくなった。軽油噴射時期を早めると、徐々に燃焼位相が早期化するとともに、最大圧力が上昇する。やがて、ノックに至るが、ノックになる前に、圧力振動はほとんどなく、熱発生率がエンドガス部の自着火によると思われるような形になることがある。このような盛り上がりの部分を自着火による燃焼が寄与しているものと考えて、全体の熱発生量に対してどの程度の割合になっているか、また、それを自着火が生じている期間で除して、その割合を算出したパラメータをPI(Premier Intensity)と定義した。PIが大きいほどエンドガス部における自着火燃焼が盛んであり、ある閾値を超えるとノックに至る。しかし、自着火は確率的なものであるため、PIが大きい条件では、ノックとPREMIERを明確に区別するには至らなかったが、概ね区別することができた。また、二酸化炭素の割合を増加させると、PREMIER燃焼が安定して生じやすくなることなどが明らかになった。

以上のことより、本論文は、博士（工学）の学位を授与するに相応しいと考えられる。