K2-2

DME/Methane を用いた過給 HCCI 機関における熱発生特性の研究

A Study of Heat Release Characteristics in a Supercharged HCCI Engine using a Mixed Fuel of DME and Methane

○西山毅¹, 森巧真¹, 湯浅裕之¹, 安居院慧人², 外川将哲², 高村悠樹², 飯島晃良³, 庄司秀夫⁴ *Takeshi Nishiyama¹, Takuma Mori¹, Hiroyuki Yuasa¹, Keito Agui², Masaaki Togawa², Yuki Takamura², Akira Iijima³, Hideo Syoji⁴

Abstract: This study investigated the characteristics of LTR in HCCI combustion by using pressure analysis to consider the possibility of region of stable HCCI engine operation. A condition in this study, intake temperature, combustion chamber wall temperature, intake presser were constant and putting heat capacity were changed. An analysis of the experimental results showed that LTR was slightly affected by be ratio of specific heat and input heat energy. However, both effects were offset and LTR occurrence timing remained constant. Additionally, LTR was saturation by increased input heat energy. In the future, it will be possible to expand the region of high load operation by using EGR and an inert gas to be late for main combustion.

1. 諸言

近年,内燃機関にはより高い熱効率とクリーンな排 気性能が求められている.そこで,我々は予混合圧縮 着火(以下,HCCI)機関に着目した.HCCI機関は, 希薄かつ均一な予混合気を圧縮により多点同時に自着 火させる燃焼方式である.これにより,高効率かつ低 エミッションを両立できる内燃機関として注目されて いる.しかし,高負荷時に燃焼が急峻になってしまい 運転が困難である.過去の研究では主燃焼を制御する ことで運転領域の拡大を目指してきた.そこで,本研 究では低温酸化反応(以下,LTR)の制御による運転 領域拡大の可能性を検討するために HCCI 燃焼におけ る LTR を指圧解析によって調査した.

2. 実験装置及び方法

図1 に本研究で用いた実験装置の概略図を示す. 供試機関は4 サイクル空冷単気筒機関(行程容積 299 cm³)をベースとしたエンジンを用いた.供試燃料は DME とメタンの混合燃料でメタンの投入熱量割合は $\gamma_{CH4} = 30\%$ で一定とした.筒内圧力 P[MPa] はシリン ダヘッド上部に取り付けた水晶圧力変換器を用いて測 定した.熱発生率 HRR [J/deg.] は測定した筒内圧力か ら算出している.吸気温度 T_{in} [K] は, インタークーラ ーで調節を行った.

表1に今回の実験条件を示す. Case 1, Case 2 ともに 吸気温度 T_{in} [K], 燃焼室壁温度 T_w [K], 吸気圧力 P_{in} [kPa] 一定の条件で投入熱量を変化させる実験を行っ た.



Fig.1 Configuration of test engine

Table 1 Experimental condition

	Case 1	Case 2
Intake Air Temperature	323	
T _{in} [K]		
Combustion Chamber	353	
Wall Temperature, T _w [K]		
Engine Speed, N [rpm]	1400	
Compression ratio	12:1	
Input Heat Energy,	320~400	500~580
Qin [J/cycle]		
Intake Air Pressure,	100	160
P _{in} [kPa]		

1:日大理工・学部・機械 2:日大理工・院(前)・機械 3:日大理工・教員・機械 4:日大名誉教授

3. 実験結果及び考察

図 2 に Case 1, Case 2 の実験結果を横軸にクランク 角度 θ [deg.], 縦軸に筒内圧力 P [MPa], 熱発生率 HRR [J/deg.], 熱発生率における LTR 部分の拡大図を示す.

熱発生率に着目すると、圧縮開始温度、吸気圧力を 一定とし投入熱量を増加させると主燃焼は大きく進角 し、最大熱発生率は増加した.これは投入熱量が増加 することで反応が活発化し、熱発生率の増加に伴い温 度が上昇したためである.

LTR の発生時期と最大熱発生率は投入熱量の増加に 対し大きな変化は見られなかった.投入熱量が増加す ると混合気がリッチ側に変化し,比熱比が小さくなる ため圧縮による温度上昇がわずかに緩慢化され,LTR の発生時期は遅角すると考えられる.しかし,本研究 において LTR の発生時期が変化しなかった要因は,投 入熱量が増加し,LTR が発生してからの熱発生が活発 になり温度上昇がリーンな条件に比べて急峻になった ためだと考えられる.つまり,圧縮開始温度,吸気圧 力一定の下,LTR の発生時期は「比熱比の低下による 遅角効果」と「熱発生の活発化による進角効果」の均 衡によって決まると考えられる.

図 3 に Case 1, Case 2 の投入熱量 Q_{in} [J/cycle]と LTR の最大熱発生率 HRR_{LTRmax} [J/deg.] の関係を示す.

投入熱量の増加によりLTRの最大熱発生率はわずか に増大するが, Case 1, Case 2の両条件で飽和状態にな るため,LTRの最大熱発生率は吸気圧力一定の場合, 飽和領域が存在すると考えられる.

以上より,投入熱量の変化が LTR に与える影響に比 ベ,主燃焼に与える影響の方が大きいことがわかった. LTR を制御する場合,主燃焼の変動が大きいため,高 投入熱量の条件で,EGR や不活性ガスを用いて着火時 期を適正化し,主燃焼を緩慢化させる手法であれば, 高負荷運転領域の拡大が可能だと考えられる.

4. 結論と展望

圧縮開始温度,吸気圧力一定の下で投入熱量を変化 させる実験を行い,以下の知見が得られた.

- 1. LTR は,投入熱量の増加による活発化効果,比熱 比低下による温度上昇の抑制効果の影響を受ける が,本実験では両者の効果が相殺し,LTRの発生 タイミングはおおむね一定になった.
- 2. 投入熱量の増加により,LTR が活発化するが,本 実験では高投入熱量側で飽和した.
- 3. 高投入熱量の条件で, EGR や不活性ガスを用いて 主燃焼を大きく遅角させることで,着火時期が



Fig.3 Limit region of HRRLTRmax

適正化され,高負荷運転領域の拡大が可能だと考えられる.

5. 参考文献

[1] Matsuishi M, Abe Y, Iijima A, Shoji H, Misawa K, Kojima H and Nakama K : Influence of Intake Air Pressure and Equivalence Ratio on Low-Temperature Oxidation Reactions and Combustion in an HCCI Engine, Journal of the Japan Institute of Energy, 95, 139-143 (2016)