

希薄予混合気を用いたサバテサイクルの実現に関する研究

The Realization of Dual-Combustion Cycle with Lean Mixture

○山田光¹, 吉田幸司²

*Hikaru Yamada¹, Koji Yoshida²

Abstract: The purpose of this study is to realize dual-combustion cycle. The lean gasoline-air mixture was ignited by small amount of pilot diesel fuel injection (constant volume combustion), then diesel fuel was injected by main injection and was burned with the remained oxygen after the lean combustion (diffusion combustion). The equivalent ratio of mixture and pilot and main fuel injection timing were changed. When the constant volume combustion occurred near T.D.C. and main fuel injection was injected after T.D.C., the constant pressure combustion appeared. However, pilot and main fuel injection timing hardly influenced engine performance.

1. まえがき

高速圧縮着火機関はサバテサイクルで作動し、定容燃焼期間に NO_x や燃焼騒音が発生する。そこで本研究は、希薄予混合気と気筒内燃料直接噴射により内燃機関をサバテサイクルで作動し、定容燃焼を制御することを目的とする。^[1]実験では、希薄ガソリン予混合気を供給し、圧縮行程終了時付近で燃焼室内へ軽油を少量噴射することで HCCI 燃焼を誘発し、上死点付近にて定容燃焼をさせる。その後、軽油を燃焼室内に噴射し、拡散燃焼させることで定圧燃焼を発生する。

2. 実験装置及び方法

表 1 に供試機関の仕様を示す。供試機関は、空冷 4 サイクル単気筒直噴式ディーゼル機関であり、圧縮比及び機関回転数は、機関仕様の 21.2 及び 3600[rpm]から 17.3 及び 2000[rpm]に変更した。希薄予混合気はガソリン-空気予混合気であり、ポート噴射とした。気筒内へは軽油を直接噴射し、HCCI 誘発のためのプレ噴射と拡散燃焼のためのメイン噴射の 2 段噴射とした。燃料供給量は、メイン噴射量を調整し、ガソリンと軽油を合わせて当量比 1.0 とした。なお、絞り弁開度は WOT である。予混合気の当量比は、当量比 0.6 以上で HCCI が発生するため、0.3, 0.4, 0.5 とした。プレ噴射期間は燃料噴射装置の最小動作時間である 0.35[ms]とし、プレ噴射時期は上死点付近で HCCI が発生する時

期を基本プレ噴射時期として前後 2[deg.]の範囲とした。メイン噴射の開始時期は、プレ噴射から上死点までの時間を 100[%]とし 50, 75, 100, 125, 150[%]とした。

3. 実験結果及び考察

図 1 に指圧線図と熱発生率を示し、上図に当量比 0.4, プレ噴射時期 13[deg.BTDC]においてメイン噴射時期を

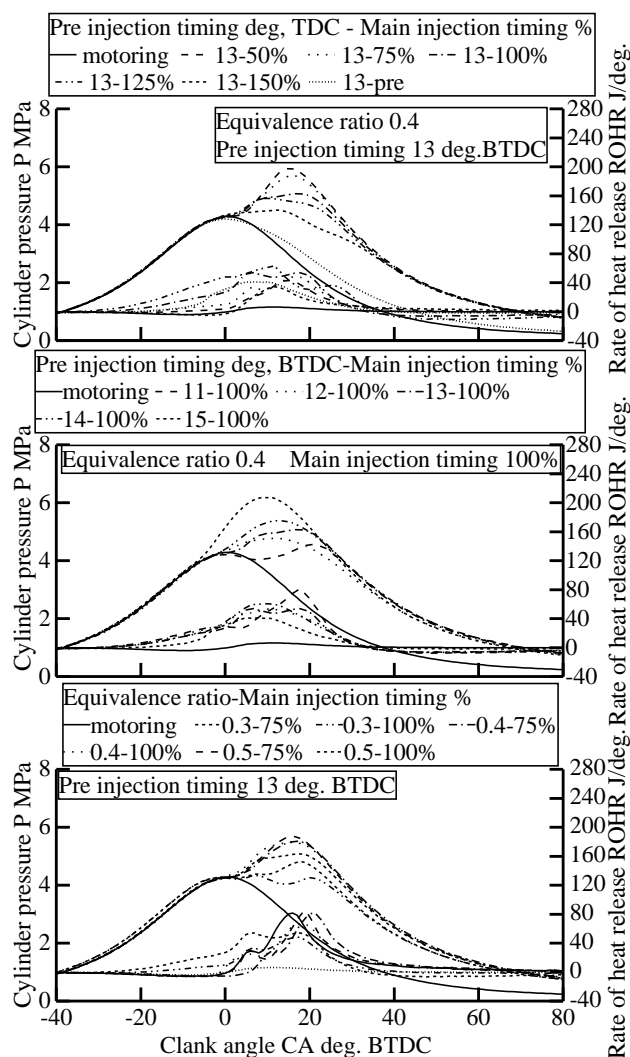


Figure 1. Indicator diagram.

Table 1. Specifications of test engine

Type	4 cycle, Single cylinder
Bore×Stroke mm	86×75
Displacement volume c.c.	435
Rated engine speed rpm	2000
Compression ratio	17.3
Injection type	Common rail injector
Equivalence ratio ϕ	0.3, 0.4, 0.5
Base pre-injection timing deg. BTDC	14(ϕ 0.3), 13(ϕ 0.4), 13(ϕ 0.5)

1 : 日大理工・院 (前)・機械 2 : 日大理工・教員・機械

変化させた場合を示す。メイン噴射時期 50[%]では、燃焼圧力は上死点から一様に増加する。これは、プレ噴射とメイン噴射の期間が短いため PCCI 燃焼が発生するためと考えられる。メイン噴射時期が 100[%]より遅角すると最高燃焼圧力が低下し、一定圧力の拡散燃焼期間が現れる。中図に当量比 0.4, メイン噴射時期 100[%]において、プレ噴射時期を変化させた場合を示す。上死点以前で HCCI 燃焼が誘発されると、燃焼圧力が急増し、一定圧力の拡散燃焼が発生しない。しかし、プレ噴射時期を遅角すると、最高燃焼圧力が低下し、拡散燃焼を確認できる。下図に予混合気の当量比を変化させた場合を示す。当量比 0.5 ではプレ噴射後に燃焼圧力が急激に上昇し、当量比 0.3 では定容燃焼による圧力増加が示されない。当量比 0.4 の場合にサバテサイクルに近い指圧線図がえられた。

図 2 に、機関性能をプレ噴射及びメイン噴射時期に対して示す。上図及び下図において、メイン噴射時期及びプレ噴射時期を変化させても正味平均有効圧力及び正味熱効率はほとんど変化しない。よって、プレ噴

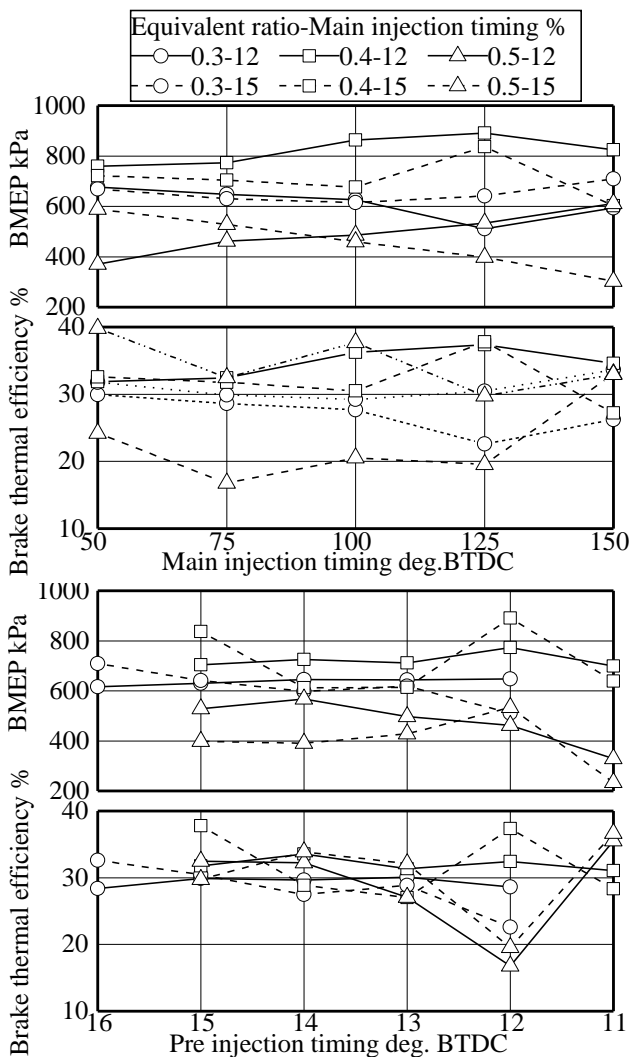


Figure 2. Engine performance.

射及びメイン噴射時期は燃焼圧力波形には影響を与えるものの、機関性能にはほとんど影響を及ぼさない。

図 3 に、排出ガス成分をプレ噴射時期に対して示す。THC 濃度は予混合気の当量比が濃い場合に高い。これは、供給した全ての予混合気が拡散燃焼に寄与しないためと考えられる。CO 濃度はメイン噴射時期が早い場合に高く、CO₂ 濃度は全ての運転においてほぼ一定値が示された。NO_x 濃度は、プレ噴射及びメイン噴射時期が早期な場合に、急激な圧力上昇のために増加する。

4. 結論

HCCI が上死点付近で誘発され、メイン噴射時期が上死点以降である場合、一定圧力の拡散燃焼が発生し、サバテサイクルが実現する。しかし、プレ噴射及びメイン噴射時期は、機関性能にはほとんど影響を与えない。THC 濃度は全ての予混合気が拡散燃焼に寄与しないため当量比が濃い場合に高く、NO_x 濃度はプレ噴射及びメイン噴射時期が早期な場合に増加する。

5. 参考文献

- [1] Koji Yoshida: SAE Paper 20179091, 2017

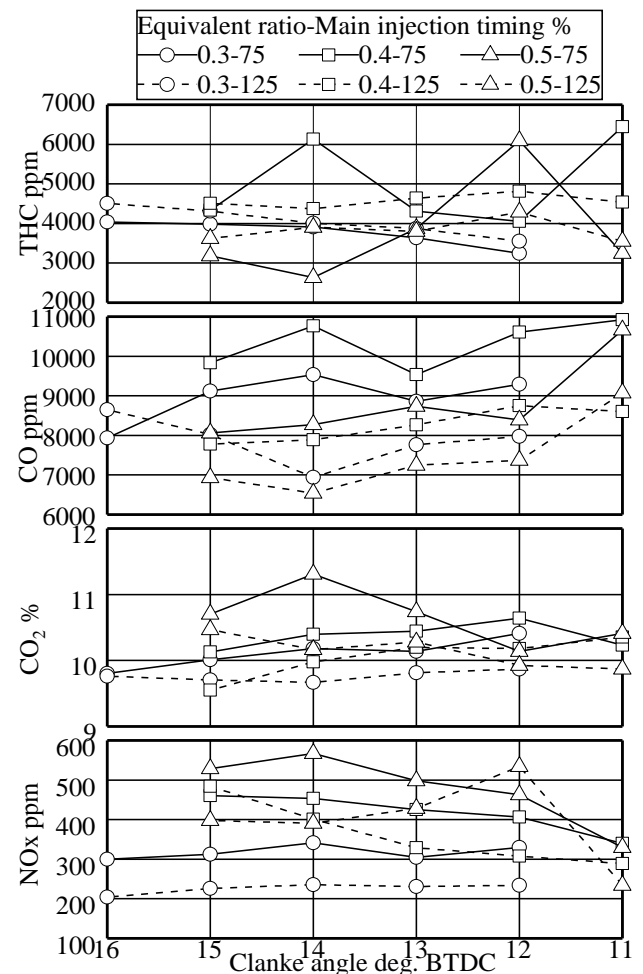


Figure 3. Exhaust gas emission.