20507 DME 圧縮点火機関に関する研究 — Saurer 型燃焼室と Pre 噴射が諸機特性に及ぼす影響 —

○佐々川 知明 (茨城大学院), 須賀 博基 (茨城大学院), 正 梶谷 修一 (茨城大)

A Study of DME Compression Ignition Engines — Operated with a Saurer Piston and Pre injection —

Tomoaki SASAGAWA, Hiroki SUGA, Shuichi KAJITANI

Ibaraki Univ Dept. of Mechanical Engineering
Nakanarusawa 4-12-1, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

Compression ignition engines using dimethyl ether as an alternative fuel (DME C.I. engines) is necessary to promote mixing fuel and air. Therefore, we studied experimentally the effect that a combination of Pre-injection and Saurer type combustion chamber gives to engine performances. The result demonstrated that $d/D:0.4$ (d : Outer diameter of combustion chamber, D : Bore) can realize both improvements of the thermal efficiency and the reduction of the harmful exhaust gas at the same time. In addition, DME C.I. engines, operated with conventional Toroidal piston and Pre-injection that changed injection pressure, is possible to maintain the same level thermal efficiency in high engine speed, and reduce NOx emissions.

Key Words : DME, Diesel Engine, Common rail, Saurer piston, Pre-injection, Engine performance, Combustion

1. 緒言

地球温暖化の一因とされる CO_2 の削減、化石燃料枯渇の問題により、火花点火機関よりも熱効率の高い圧縮点火機関の利用が推進されるべきである。バイオマスあるいは自然エネルギー由来のジメチルエーテル (以下 DME) を燃料とする事で、先の二つの問題を解決できる。軽油を燃料とした圧縮点火機関において多段噴射を行うと、 NO_x 削減に効果があるという報告⁽¹⁾はされているが、蒸気圧が高く体積あたりの低圧発熱量が軽油の半分ほどしかない DME については、未解明な部分が多い。

本報告では、燃焼室形状の変更⁽²⁾ ($d/D:0.45-0.35$)、多段噴射 (Pre 噴射)、機関回転速度、燃料噴射圧力の変化が DME 圧縮点火機関の機特性、燃焼・排出ガス特性に及ぼす影響を調査した。以下その結果を述べる。

2. 実験装置

供試機関はヤンマーディーゼル(株)製、4 サイクル水冷横型単気筒機関 (NFD 13-MKE) でボア×ストローク 92×96 [mm]、排気量 638 [cc]、圧縮比 17.7 である。燃料は DME を用い燃料噴射はコモンレール方式を採用し噴射圧は $40 - 80$ [MPa] であり、機関回転数は $960, 1440, 1920$ [rpm] と変更した。Saurer 型燃焼室は、ピストン外形と燃焼室口径の比 d/D を変化させた。従来の Toroidal に対して d/D と称する。

Toroidal type Saurer type

Fig.1 Combustion cavities of the toroidal piston and the saurer piston

3. 実験結果および考察

d/D で単段噴射を行った結果、着火遅れが伸びて最適噴射時期が TDC 後に移る傾向があり、正味熱効率は低下する。しかし $d/D:0.4$ のみ例外で、 $D.I.T -3.6$ [deg.ATDC] で 28.5 [%] は Toroidal 単段噴射の効率 29.4 [%] と同等であり (図 2), NO_x も 3.384 [g/kW·h] と Toroidal から約 38 [%] 削減された (図 3)。 $d/D:0.3, 0.35$ では、と比較して冷却損失 (冷却水への熱損失) は約 10 [%], 排気損失 (排出ガスの熱エネルギー) は約 16 [%] 増加して正味熱効率の低下の原因となる。また、排気損失の増加に伴い THC , CO の排出も増加する。

Pre 噴射を行うことによって、単段と比較して着火遅れが半減する。これに従い予混合燃焼が抑制され、冷却損失は $d/D:0.4$ で約 16 [%] 減少し、最高熱効率 32.5 [%] となり Toroidal

Fig.2 The effect of d/D and injection timing on the brake thermal efficiency

Fig.3 The effect of d/D on the B.T.E. and NOx emissions

Fig.4 The effect of engine speed and injection pressure on the engine performance

単段と比較して約 10[%]の増加がみられた。さらに燃焼が緩慢になる事で急激な温度上昇は避けられ、平均燃焼ガス温度も最大値が約 170[K]低下する。これにより、NOx も 2064[g/kW·h] と約 62[%]低減した。THC も 0.074[g/kW·h] と約 34[%]低減され、噴射時期によっては CO も削減可能である。適当な d/D はスキッシュ流による混合改善 (即ち燃焼改善) がみられた。

Toridal 燃焼室を用いて噴射圧力を 40-80[MPa]で変化させた場合、噴射圧力を高める事で最適噴射時期が TDC に近づくため、急峻な熱発生となり NOx が増大する。その傾向は低回転域で顕著になるが、等容度が向上しているにも関わらず熱効率が変わらないことから、均一な燃焼になっていない事も考えられる。これは高圧噴射する事で、40[MPa]と比較して 60[MPa]で約 15[%]、80[MPa]で約 30[%]噴射期間が短縮されるにも関わらず、燃焼期間が伸びてしまっている事からも推測できる。Pre 噴射の NOx 削減効果はほぼ全条件で確認でき、図 4 中の A 点と C 点において 17[%]前後削減された。THC については、中・低回転速度域ではほとんど影響はないが、1920[rpm]において大幅な増え、高圧で Pre 噴射を行ったときに顕著になった。高圧噴射に加えて Pre 噴射を行う事で着火遅れが過度に短縮され(D 点: 0.45[ms]→C 点: 0.20[ms])、混合気形成が不十分だったために局所過濃により発生したのかもしれない。

以上の事から、高回転速度領域においては更なる流動性が必要であり、今後高圧噴射と Saurer 型燃焼室との組み合わせた場合の影響を調べる必要がある。

4. 結論

- (1) Saurer 型燃焼室 d/D:0.4 で単段噴射を行ったときの最高熱効率 28.49[%]は、Toroidal 燃焼室と同程度であるが排出ガスを改善することが出来る。
- (2) d/D を 0.4 より小さくすると、燃焼効率が落ちて各種損失が増える為、熱効率は低下し CO・THC 排出量は増加する。この傾向は、単段・多段噴射において共通である。
- (3) Pre 噴射では、予混合燃焼が抑制され等容度が向上・冷却損失が低減する。従って d/D:0.4,0.45 は熱効率の向上と NOx の排出量削減が同時に実現可能である。同時に CO・THC の排出量も削減される。
- (4) Toroidal 燃焼室で噴射圧力を 40-80[MPa]の間で変化させた場合、回転数毎の最高熱効率値にはほぼ影響はないが、高速回転速度領域では最適噴射圧は高くなる。
- (5) 噴射圧力を高くすることで急峻な熱発生になるので NOx 排出量は悪化するが、Pre 噴射と組み合わせる事で高圧高回転側において NOx の低減効果はある。

参考文献

- (1) 岩崎浩二 他、直接噴射式ディーゼル機関の二段噴射化による基本燃焼特性の変化、日本機械学会論文集 (B 編), 66 巻 646 号, 335-341, 2000.6
- (2) 大聖泰弘 他、直接噴射式ディーゼル機関における燃焼室形状の効果、日本機械学会論文集 (B 編), 52 巻 479 号, 1986.7