

## DME を用いた副室式 2 行程圧縮着火機関の実験的研究 An Experimental Study of 2-Stroke IDI Compression Ignition Engine Fueled by DME

○山口龍一<sup>1</sup>, 政田悟志<sup>1</sup>, 吉田幸司<sup>2</sup>

\*Ryuichi Yamaguchi<sup>1</sup>, Satoshi Masada<sup>1</sup>, Koji Yoshida<sup>2</sup>

Abstract: The IDI 2-Stroke CI engine with DME was proposed. The engine performance was investigated to clarify the influence of fuel injection pressure, cross-sectional area ratio of connecting passage of divided-chamber and engine speed on combustion process. When high fuel injection pressure was applied, pre-mixed combustion in sub-chamber occurred because air and DME mixed in a short period. When the small cross-sectional area of connecting passage of divided-chamber was applied, on high load condition, high brake thermal efficiency could be achieved because the strong swirl in sub-chamber was generated. At high load and engine speed 2000 rpm, high brake thermal efficiency was obtained because the charging efficiency was improved.

### 1. はじめに

軽油を用いた圧縮着火機関は高い熱効率を得ることができるが、NO<sub>x</sub> やすす等の有害物質を多く排出する。そこで本研究では、DME 低圧噴射 2 ストローク圧縮着火機関を提案する。代替燃料として燃焼過程においてすすを生成しない DME を使用する。しかし、DME は燃料噴射と同時にガス化するため燃料噴霧内への空気導入が困難となる<sup>(1)</sup>。そこで、副室式燃焼室を用いることで、副室内の渦流を利用し DME と空気との拡散混合を促進する。また、DME は燃料の潤滑性が劣り、低位発熱量も低いことから、燃料を潤滑に使用しないガソリン用スワールインジェクタを使用し、2 ストローク機関の高い比出力により、DME の低位発熱量の低下による出力の減少を補う。実験において、主室と副室を繋ぐ連絡孔面積及び機関回転数が機関性能に与える影響を明らかにし、また、燃料噴射圧力が燃焼特性に与える影響を実験的に調査した。

### 2. 実験装置及び実験方法

図 1 に燃焼室形状を示す。主燃焼室はパンケーキ型とし、直径 20mm の円柱形の副室を円形の連絡孔を介して主室に中心に取り付けた。また、インジェクタは副室中央末端部に取り付けた。副室容積比をピストンが上死点

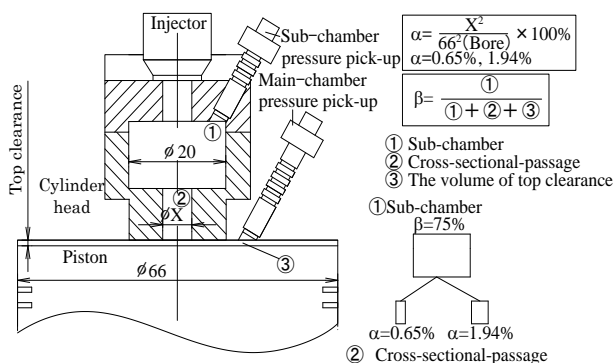


Fig.1 Combustion chamber shape.

にある場合、副室容積比  $\beta = (\text{副室容積} + \text{連絡孔容積}) / \text{隙間容積}$  と定義し、高負荷域まで運転可能な  $\beta = 75\%$  を用いた<sup>(2)</sup>。また、連絡孔面積比  $\alpha = (\text{連絡孔面積} / \text{ピストン面積})$  は、 $\alpha = 0.65\%$ ,  $1.94\%$  とした。ここで、有効圧縮比は 18.3 である。DME は、N<sub>2</sub> ガスで加圧し液体状態でエンジンに供給した。供給圧力  $IP$  は N<sub>2</sub> ガスの圧力にて調整し  $IP = 6, 8, 10 \text{ MPa}$  とした。排出ガス成分は、直接サンプリング法により測定した。また主室と副室の圧力は個別に測定し、それぞれ定常状態 100 サイクルの平均値によって燃焼状

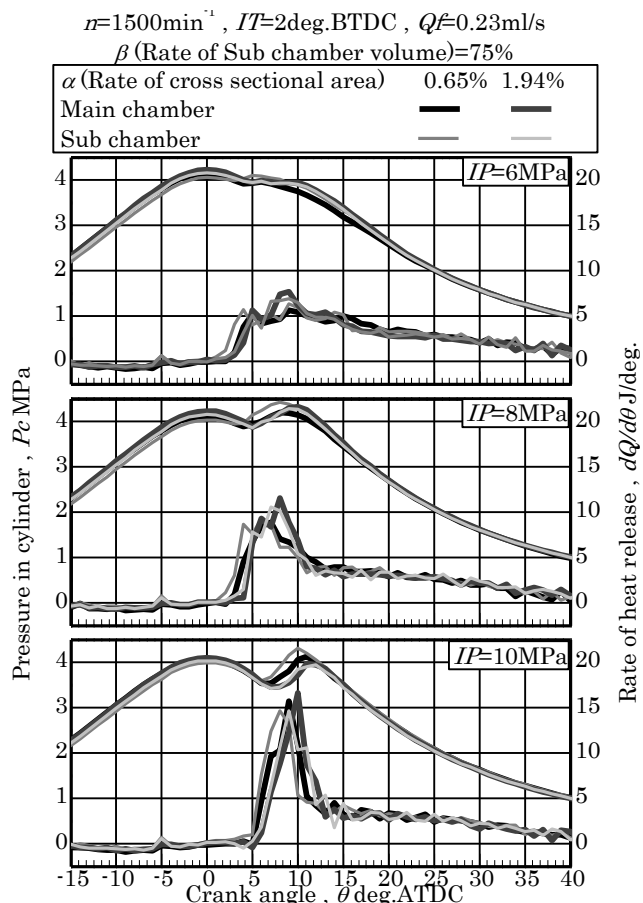


Fig.2 Effects of injection pressure on cylinder pressure and rate of heat release.

態を評価した。機関回転数は、 $n=1000, 1500, 2000\text{min}^{-1}$  とし、それぞれの回転数において着火時期がほぼ同一となるように燃料噴射時期  $IT$  を設定した。

### 3. 実験結果及び考察

図 2 に、各燃料噴射圧力における指圧線図と熱発生率を  $\alpha=0.65\%$ ,  $1.94\%$  に対して示す。どちらの連絡孔面積においても、燃料噴射圧力が高くなると予混合燃焼割合が増加し、最大熱発生率が高くなる。これは、燃料噴射圧力が增加することで、急速に混合気形成が行われたためと考えられる。しかし、燃料噴射圧力が低下するほど、熱発生時期が早くなる。これは、インジェクタ近傍の貫通力の弱い燃料噴霧内へ空気が導入し、部分的に混合気が形成され着火するためと考えられる。従って、燃料噴射圧力が低い場合は、着火は早期化するものの、副室内での DME と空気との拡散混合が不十分のため、予混合燃焼割合が減少し拡散燃焼割合が増える。

図 3 に、連絡孔面積が機関性能に及ぼす影響を示す。低負荷域において連絡孔面積が大きい場合、正味熱効率が低い。これは、連絡孔による絞り損失が減少したためと考えられる。しかし、連絡孔面積比  $0.65\%$  を用いた場合、高負荷域まで高い熱効率を維持することが可能である。これは、連絡孔面積比が小さい場合、連絡孔における噴流速度が増大し、インジェクタ近傍まで強い渦流が到達するために、DME 供給量が多い場合においても、空気と燃料との混合が促進されるためと考えられる。

図 4 に、機関回転数が機関性能へ及ぼす影響を示す。燃料噴射時期が上死点に近い程高出力が得られるため<sup>2)</sup> $n=1000\text{min}^{-1}$  において  $IT=2\text{deg.BTDC}$  とし、着火時期がほぼ同一となるように  $n=1500\text{min}^{-1}, 2000\text{min}^{-1}$  では、それぞれ  $IT=4\text{deg.BTDC}, 6\text{deg.BTDC}$  とした。機関回転数が増加するにつれて、高負荷域まで高い正味熱効率が維持される。また、 $2000\text{min}^{-1}$  では、正味平均有効圧力  $250\text{kPa}$  付近まで THC, CO 排出量の低い運転が可能となった。これは、回転数の増加によってシリンダ内の新気の充填効率が向上したためと考えられる。正味平均有効圧力

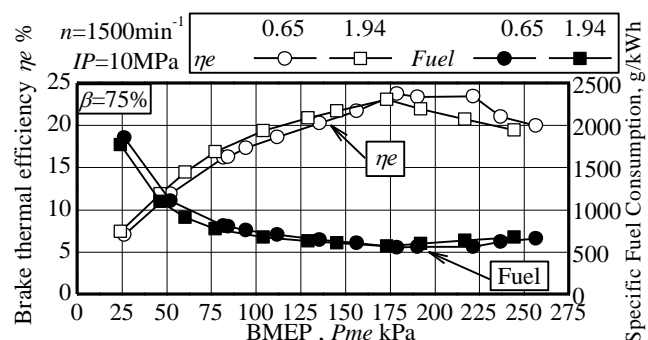


Fig.3 Effects of cross-sectional passage on engine performance.

$200\text{kPa}$  以上の高負荷では、 $\text{CO}_2$  排出量は小さく、排出ガス温度はさほど上昇しない。また、機関回転数は  $\text{NO}_x$  排出量に顕著な影響を及ぼさない。 $\text{O}_2$  排出量が高負荷にも関わらず低下しないことから、回転数の増加に伴い吹き抜けにより新気が排出ガスに含まれたと考えられる。

### 4. 結論

- (1)連絡孔面積が小さいと、圧縮行程中の副室への噴流速度が速く、副室内渦流が強いため、混合気形成が促進され高負荷域において高い正味熱効率が得られる。
- (2)高燃料噴射圧力では、空気と DME の混合気形成が促進され、予混合燃焼割合が増加し最大熱発生率が高い。
- (3)機関回転数  $2000\text{min}^{-1}$  において、正味平均有効圧力  $275\text{kPa}$  まで高い熱効率を維持した運転が可能となった。これは、充填効率の向上によると考えられる。

### 5. 参考文献

- [1]鈴木他, 機論, 71 巻, 702 号, pp.337-342, 2005
- [2]吉川他, 自技会 2010 年春季大会, 20105215, 2010

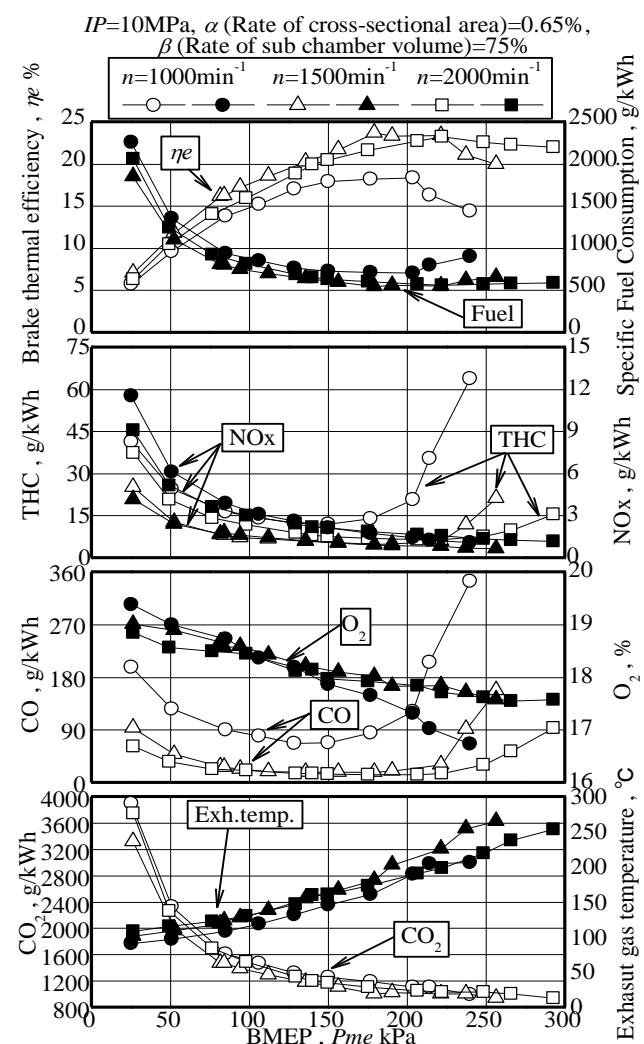


Fig.4 Engine performances.