

ガソリンおよびアルコール燃料による MEGATECH MARK III エンジンの基本性能

小宮 道士・丸山 信也・川上 克己

MEGATECH MARK III Engine Tested for Basic Performance with
Gasoline, Ethanol and Methanol

Michio KOMIYA, Shinya MARUYAMA and Katsumi KAWAKAMI
(June 1998)

緒 論

内燃機関は主として石油液体燃料を使用し、機関内での燃焼による熱エネルギーから動力を得る。しかし、圧縮点火機関の排気中には窒素酸化物(NO_x)や炭化水素(HC)などが、火花点火機関には一酸化炭素(CO)などが含まれる。近年、地球温暖化の原因と考えられる二酸化炭素(CO_2)やメタンガス(CH_4)などの排出が問題となり、自動車業界ではEV(電気自動車)や電気とガソリンの2つを動力源とするハイブリッド・カーが販売されるようになった。また農業用動力機関においても石油の代替燃料として天然ガスやバイオガス、水素やメタノールを利用したエンジンなどの研究^{1,3)}が行われている。

本研究室では97年度から内燃機関の実験に市販の透明可視エンジン「MEGATECH MARK III」(株式会社メガケム製)を使用している。このエンジンは透明ガラスシリンダーにより燃焼の状況や作動メカニズムを直接観察でき、ガソリン、アルコール、プロパンガスなどの燃料を2種類まで混合して運転できる。また、潤滑油を使用しないため、排気ガス分析に影響を及ぼさない。さらに最近の希薄燃焼²⁾(リーンバーン)エンジンに見られる排出ガス対策と燃費改善に不可欠な空燃比や圧縮比の変更、点火時期の調整も可能である。しかし、実験用エンジンであることから、各種の燃料や圧縮比におけるエンジン性能などに不明な点も多い。

本研究では火花点火機関における代替燃料の可能性と排出ガスの低減について試験を行うため、はじめに予備試験として供試エンジンである「MEGATECH MARK III」の基本性能について調べ、その結果を報告する。

方 法

「MEGATECH MARK III」エンジンは、火花点火方式の4サイクル単気筒エンジンで、排気量は67 cc(シリンダ内径40 mm×行程51 mm)、機関出力は0.37 kW(約0.5馬力)と小型であるが、ガラスや透明アクリルシールドによってシリンダ部のピストンの動きや燃焼状態、クランク室の構造を観察できる優れた特徴を持っている。また、特殊なピストンリングを使用することにより、シリンダ内に潤滑油を使用せず、視認性を妨げることがない。冷却方式はガラスシリンダとその外側のアクリルシールド外筒との間にコンプレッサーにより送風する強制空冷方式である。シリンダヘッドと一体になった気化器には2本の燃料チューブが接続されており、 NO_x 低減のための水噴射試験や燃料の混合をニードル弁で調節できる。点火時期はクランク室後方のタイミングレバーを調節して行う。シリンダヘッド中央に取り付けた水冷式圧力ピックアップセンサ(PE-30 KF, 共和電業)とクランク軸回転角をエンコーダ(E6B, 720 P/R, OMRON)で測定してインジケータ線図(p- θ 線図)を得ることがきる。また、ピストン頂部にキャップを取り付けることによって圧縮比を3から4に変更することが可能である。

エンジンと性能試験に使用した電気動力計、燃料・空気量測定装置などをFig.1に、計測のブロック図をFig.2に示した。これらの機器からエンジン出力軸回転数、軸トルク、燃料消費量、空気量、燃焼室圧力を計測した。また、標準大気状態(15°C, 1,013.25 hPa)の性能を算出するため、試験を行った農業機械実習室内の大気圧、乾・湿球温度を記録した。

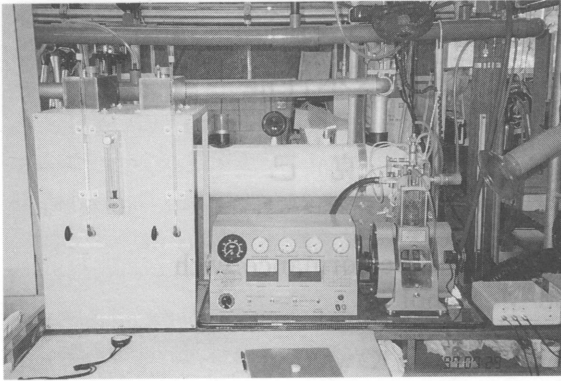


Fig. 1 MEGATECH MARK III engine and electric dynamometer.

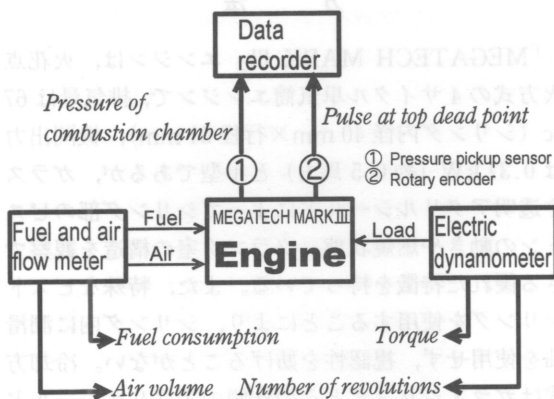


Fig. 2 Block diagram of measurement device and protocol.

性能試験は始めにスロットル全開でエンジン回転と燃焼状態から最適と思われる空燃比に燃料バルブを調節し、この時のエンジン回転数を記録した後、動力計により制動を加え最大負荷時のエンジン回転数、トルク、燃料消費量、空気量、燃焼室内圧力の計測を行った。さらに無負荷に戻した後スロットルを調節してエンジン回転数を1,200~3,000 rpmに変えて同様の計測を連続して行った。試験条件として、供試燃料はエタノールならびにメタノール、JIS 1号ガソリン（オクタン価 95 以上）を使用し、点火進角は 5 箇所、圧縮比は 3 および 4 に設定して試験を実施した。試験条件の変更の間は、エンジンを停止し十分に冷却した後、運転を再開した。

結果および考察

1. 点火進角

Fig. 3 は圧縮比 3、ガソリン燃料における点火進角を上死点 (T.D.C.) 前 45°、30°、20°、5° および上死点后 8° の 5 箇所を設定した時の軸出力の結果である。軸出力は標準大気状態の値に換算して示した。

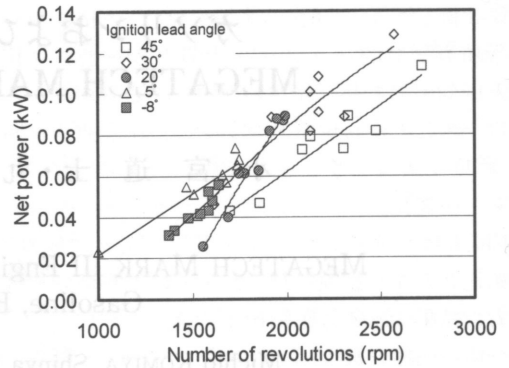


Fig. 3 Effect of the ignition lead angle on the net power. (Gasoline, Compression ratio 3)

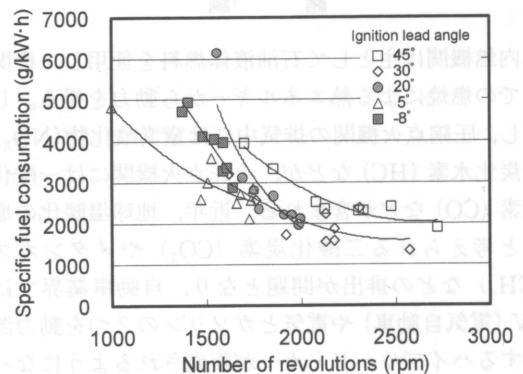


Fig. 4 Effect of the ignition lead angle on the specific fuel consumption. (Gasoline, Compression ratio 3)

一般に点火進角を大きくするとエンジンの回転域は高く、小さくすると低回転域でトルクが発生する⁴⁾。試験の結果からも上死点前に進むほどエンジン回転は高回転、高出力（最大 0.129 kW）が得られた。しかし、点火進角 45° では点火時期が早すぎ、逆に出力は低下した。またインジケータ線図から、20° より遅い点火進角では燃焼時の圧力ピークがピストンの上死点より遅れ、上死点と燃焼時の 2 つの圧力ピークが認められるようになった。供試したエンジンのピストンヘッドは、圧縮比を変更するキャップを取り付けるボルトが突出した特殊な形状を持つため、燃焼速度を低下させていることも原因と考える。

燃料消費率は点火進角 30° において 1,331 g/kWh (/2,574 rpm) と最も少ない値を示した (Fig. 4)。しかし、この値は他のガソリンエンジンと比べると非常に大きな値であった。これは供試機のキャブレター構造が単純で、平均的なガソリン機関の圧縮比 6 に比べ低圧縮比のエンジンであることが理由として考えられる。

正味熱効率も点火進角に関係なく、得られた軸出

力に比例して1.3~6.1%まで変化した (Fig. 5)。この数値も一般的なガソリン機関の24~27%に比べると低効率であり、先述の理由によるものである。

以上のことから供試エンジンの最適な点火進角は30°程度が適当と考える。

2. 圧縮比

Fig. 6はガソリン燃料を使用し、点火進角30°で圧縮比3と4で試験を行ったときの燃料消費率、軸出力の結果である。圧縮比4では、圧縮比3に比べて全体に軸回転数は高くなった。しかし、軸出力の最大値は圧縮比3が僅かに大きな値となった。一般に圧縮比が高いほど高出力が得られる。供試エンジンの場合、圧縮比4においては一定以上の負荷を加えると急速に回転が低下してしまうなど負荷試験の取り扱いが困難であった。また、ガラスシリンダの強度や空冷エンジンであることを考慮すると圧縮比4の連続運転は難しい。従って圧縮比3での使用が適当と考える。

圧縮比4における燃料消費率の計測結果にはばら

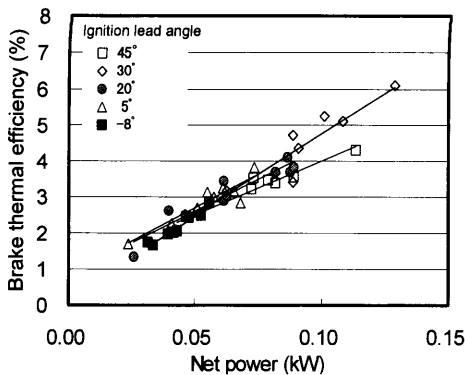


Fig. 5 Effect of the ignition lead angle on the brake thermal efficiency. (Gasoline, Compression ratio 3)

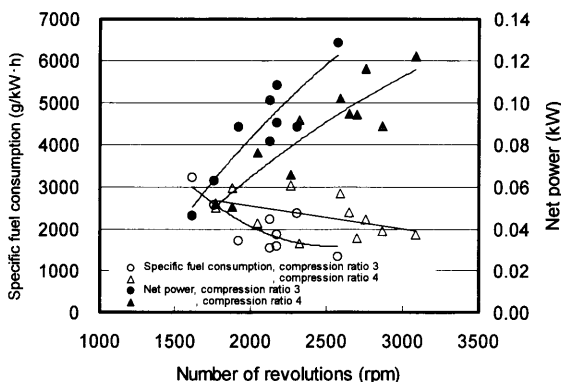


Fig. 6 Effect of the compression ratio on the specific fuel consumption and the net power. (Gasoline, Ignition lead angle 30°)

つきが生じ、圧縮比3に比べ高い燃料消費率で推移したため正味熱効率の値も圧縮比4では最大4.9%に留まった (Fig. 7)。

3. 燃料

Fig. 8は点火進角30°、圧縮比3においてガソリン、メタノール、エタノールの3種類の燃料で試験を行ったときの燃料消費率、軸出力の結果である。軸出力はアルコール燃料の場合、メタノール、エタノールともほぼ同じで、同一軸回転数においてガソリンよりも12~28%高出力が得られた。アルコール燃料はオクタン価が100以上あり、気化潜熱が大きいので燃焼温度は低く熱効率が良い。本試験においてもガソリンに比べてアルコール燃料の方が正味熱効率は0.8~1.7%程度良い結果を得た (Fig. 9)。しかし、アルコールの発熱量は小さいため、燃料消費率はメタノールの場合に特に大きくなった (Fig. 8)。

アルコール燃料は金属を腐食しやすく、また価格も高いため、主燃料として用いられることはあまり

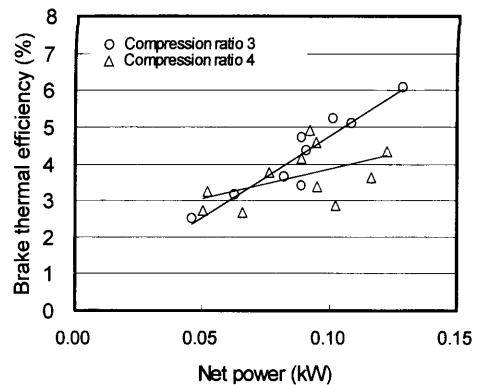


Fig. 7 Effect of the compression ratio on the brake thermal efficiency. (Gasoline, Ignition lead angle 30°)

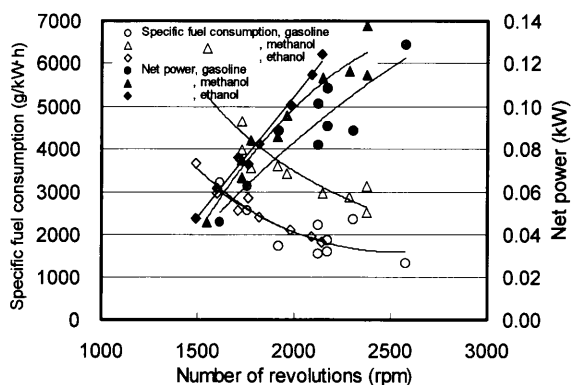


Fig. 8 Three fuels compared for their effect on the specific fuel consumption and the net power. (Compression ratio 3, Ignition lead angle 30°)

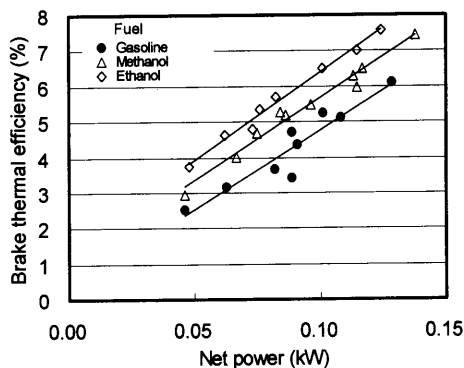


Fig. 9 Three fuels compared for their effect on the brake thermal efficiency. (Compression ratio 3, Ignition lead angle 30°)

ないが、先に述べたようにオクタン価が高いため希薄燃焼が可能で、ガソリンに5~20%混入したエンジンの実用例がある。特にメタノールは天然ガス、石炭などから合成できるので将来の代替燃料として有望視されている。

本研究においても以上の結果に基づき今後、CO、NO_xなどの排気ガス分析も加えてメタノール・ガソリン混合による希薄燃焼のエンジン性能試験を実施する予定である。供試エンジンは燃料の調節にニードルバルブを使用しているだけなので燃料測定装置のピペット管と気化器のヘッド圧力差により供給量に差が生じ、エンジン回転数が変化した。また、希薄燃焼試験のためには、空燃比の計測も必要であることから、正確な燃料・空気消費量の計測のために測定方法の改良が必要と考える。

要 約

本研究は、火花点火機関における代替燃料の可能性と排出ガスの低減を目的に、供試エンジンである「MEGATECH MARK III」の基本性能を調べた。

実験結果を要約すると以下の通りである。

1. ガソリン燃料の場合、圧縮比3、点火進角30°において燃料消費率は1,331 g/kWhと最少値を示し、エンジン出力は高回転で最大出力0.129 kWを得た。また、圧縮比4では、圧縮比3に比べ全体にエンジン回転数は増加した。しかし、軸出力の最大

値は圧縮比3が僅かに大きな値となった。

2. アルコール燃料の場合、ガソリンよりも軸出力は12~28%高く、正味熱効率も0.8~1.7%程度大きくなった。しかし、燃料消費率はメタノールにおいて特に増大した。

文 献

- 1) 石井耕太, 寺尾日出男, 野口 伸, 1997. バイオガスの農用小型ディーゼル機関への応用 (第2報). 農業機械学会誌, 59(1): 3-10.
- 2) 日本機械学会編, 1987. 機械工学便覧, pp. (B7-) 116-120. 日本機械学会, 東京.
- 3) 坂田親紀, 寺尾日出男, 野口 伸, 1996. アルコール・軽油二燃料噴射式機関の農用トラクタへの応用に関する研究 (第4報) 農業機械学会誌, 58(2): 3-10.
- 4) 真保吾一, 1955. 内燃機関の構造・機能・取扱法, pp. 144-151, 理工学社, 東京.

Summary

The basic performance of the MEGATECH MARK III experimental engine was evaluated to consider the possibility of substitute fuel and the reduction of harmful exhaust fumes in spark ignition engines.

1. In tests using gasoline, under compression ratio 3 and with ignition lead angle 30°, the minimum specific fuel consumption was 1,331 g/kWh, and the greatest engine output obtained by high-velocity revolution was 0.129 kW. Under compression ratio 4, the number of revolutions increased, on the whole, from that of compression ratio 3. But, as for maximum net power, compression ratio 3 showed a slightly higher value.

2. In tests using either ethanol or methanol, net power was 12 to 28% greater than that achieved with gasoline, and brake thermal efficiency was also approximately 0.8 to 1.7% better. However, specific fuel consumption increased with methanol.