

106 2 ストローク火花点火機関のガソリンと CNG による性能と排気特性の比較

Comparison of Performance and Exhaust Emission Characteristics between Gasoline and CNG Fueled 2 Stroke Spark-Ignition Engine.

正 志賀 聖一 (群馬大) ○ 学 前城 剛 (群馬大学) 正 関田 宏 (ヤマト発動機(株))
正 内山 浩三 (ヤマト発動機(株)) 正 柄澤 隆夫 (群馬大) 微正 中村 壽雄 (群馬大)

Seiichi SHIGA, Tsuyoshi Maeshiro, Gunma University, Kiryu, Gunma 376-8515
Hiroshi SEKITA, Kozo UCHIYAMA, YAMATO MOTOR Co.,Ltd., Nitta, Gunma 379-2305
Takao KARASAWA, Hisao NAKAMURA, Gunma University

The objective of the present study is to examine the comparison of performance and exhaust emission characteristics between gasoline and CNG fueled 2 stroke spark ignition engine. A water-cooled vertical in-line two-cylinder marine racing engine with a stroke volume of 397 cc was used as the test engine. It is shown that as for CNG operation increasing the compression ratio has an effect to increase the IMEP, but BMEP did not increase, whereas for gasoline operation both IMEP and BMEP were increased with the compression ratio. Thus, it was suggested that in the case of CNG operation the friction is increased.

Key Words: Spark-Ignition Engine, Two-Stroke Engine, CNG, Exhaust Emissions, Friction

1. まえがき

内燃機関に起因する炭化水素(HC)や、二酸化炭素(CO₂)や、石油資源枯渇の問題に対応するための方策として、メタノール、水素、バイオマス、天然ガスなどの石油代替燃料をエネルギーとした、より高効率で低公害な動力源の開発が模索されてきている。この中で、埋蔵量、有害成分ガスに対する優位性などから、圧縮天然ガス(Compressed Natural Gas:CNG)に着目した。CNG はオクタン価が高いためノック性に優れており、圧縮比の増加による燃焼の改善も期待できる。このような背景の下に、これまでの研究では、競走艇用 2 ストローク縦型直列 2 気筒火花点火機関を用い、CNG を燃料として適用し、圧縮比増大の影響や希薄燃焼特性について調べてきた。しかし、図示平均有効圧力(IMEP)の増加分が正味平均有効圧力(BMEP)に現れず、したがって正味燃料消費率(BSFC)においても圧縮比増大の効果が現れないという問題があった。また、オリジナルのガソリンでの燃焼特性などが十分に分かっていないという問題があった。そこで、本研究では、CNG およびガソリンを用い、圧縮比増大による機関性能の評価および、昨年度より導入された FTIR 排気ガス分析器による排気特性を調べ、燃料の違いによる圧縮比増大の効果と排気特性を明らかにすることとした。

2. 実験装置および方法

供試機関は競走艇用 2 ストローク縦型直列 2 気筒水冷ガソリン機関で、行程体積 397cc、圧縮比 8.6 の標準仕様で 23.5kW/6600rpm の最大出力を持つ。ガソリンでの運転では、オリジナルの気化器を用い、混合潤滑方式を用いた。また、CNG での運転には、気化器の代わりにガスミキサ(IMPCO,CA125M)を設け、潤滑方式を分離局所圧送方式に変更した。これは、オイルポンプで主軸受付近二カ所、および掃気口付近二カ所の計四カ所に設けた通路から潤滑油を強制的に供給する方式である。ガソリン流量計測は、ピュレットとストップウォッチによる容積法を用いた。また、CNG 燃料流量計測は、低圧レギュレータの前に設置した流量計(小島製作所,HFM-201)で、吸入空気量は気化器およびガスミキサ直付けの吸気サージタンクに取り付けたマノメータによりそれぞれ計測し、空気過剰率(λ)を算出した。CNG は通常の低圧供給配管から、小型昇圧充填装置(三洋電機,SGF-A04)により製造した。

3. 結果および考察

3.1 図示平均有効圧力(IMEP)の空気過剰率(λ)依存性におよぼす圧縮比(ϵ)の影響

図 1(a), (b)に λ に対する IMEP を示す。まず、図 1(a)においては、 ϵ によらず、 $\lambda=0.75$ 付近で最大値をとる傾向が見られる。一方、図 1(b)においては、どの ϵ においても、 $\lambda=0.95$ 付近の間でピーク値をとる。 ϵ の影響に着目すると、どちらの燃料においても、 ϵ の増大に伴って、僅かながら IMEP も増大している。このように圧縮比増大、燃料によらず、IMEP 増大をもたらすことが明らかになった。しかしながら、ここには示していないが、どちらの燃料においてもシリンダ内最高圧力は ϵ 増加によって顕著に増大していた。それは、 ϵ 増大による点火時期最適化の問題によることが考えられる。ガソリンで最適化された本供試機関の場合、ガソリンでの、しかも限定された運転条件での最適固定点火時期の問題は、CNG とした場合の MBT(Minimum advanced for Best Torque)の問題や最適化に関連して重要である。

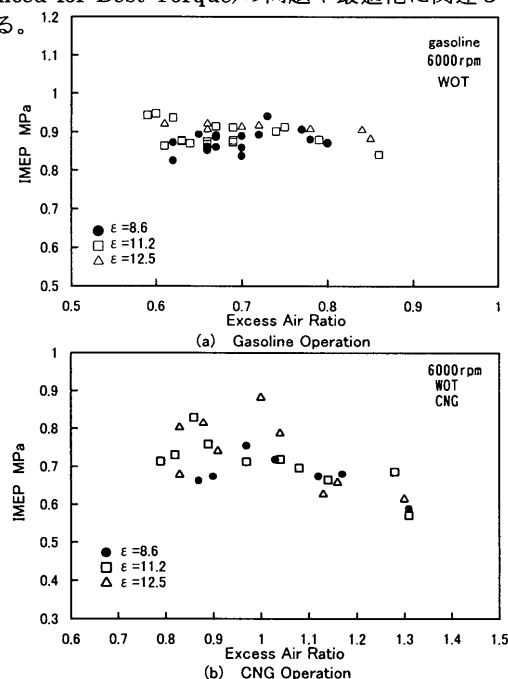


Fig.1. Effect of compression ratio on IMEP.

3.2 正味平均有効圧力(BMEP)に対する圧縮比(ϵ)の影響

図 2(a), (b)に λ に対する BMEP の依存性を示す。ガソリンの場合を示した図 2(a)において BMEP は λ の増大とともに、どの ϵ においても約 30% 単調に減少している。一方、 ϵ については、 $\epsilon=8.6$ に対し、11.2、12.5 ともに最大で約 20% BMEP は増加している。このように、ガソリンの場合には圧縮比増大が、軸端で得られる BMEP に対しても有効であることが明らかになった。これは、これ迄の CNG の場合には見られなかった傾向であり、ガソリン特有のものである。CNG を示した図 2(b)において λ の増大とともに、どの ϵ においても BMEP は単調に減少しており、ガソリンの場合と同傾向である。 ϵ 増大による効果を見ると、CNG に関しては ϵ 増大の効果は見られず、従来得られている CNG に関する傾向と同一であり、 ϵ 増大のメリットが IMEP には現れるものの、BMEP には現れないことが CNG 特有のものであることが確かめられた。このように、CNG の場合のみ ϵ 増大によって IMEP が増大し BMEP が変化しないということは、CNG の場合には、 ϵ 増大が機械効率 η_m を低下させることを意味する。 η_m はポンプ損失と摩擦損失で決まるが WOT(Wide Open Throttle)でしかも 2 ストロークでのポンプ損失の貢献分は極めて小さいと考えられ、主として摩擦分が CNG の場合に ϵ 増大とともに増大しているものと考えられる。摩擦に影響する要因は潤滑であり、CNG の場合はガソリンと異なり、局所分離強制式としている。このことが、何らかのかたちで影響していると考えられるが、詳細は目下不明である。また、CNG はガソリンに比べ約 20%ほど低い BMEP の値をとり、IMEP 低下割合と一致しており、BMEP の低下は IMEP の低下に基づくことが明らかである。BMEP の結果から明らかにように、CNG においては、BSFC に対しても ϵ 増大の効果は認められていない。

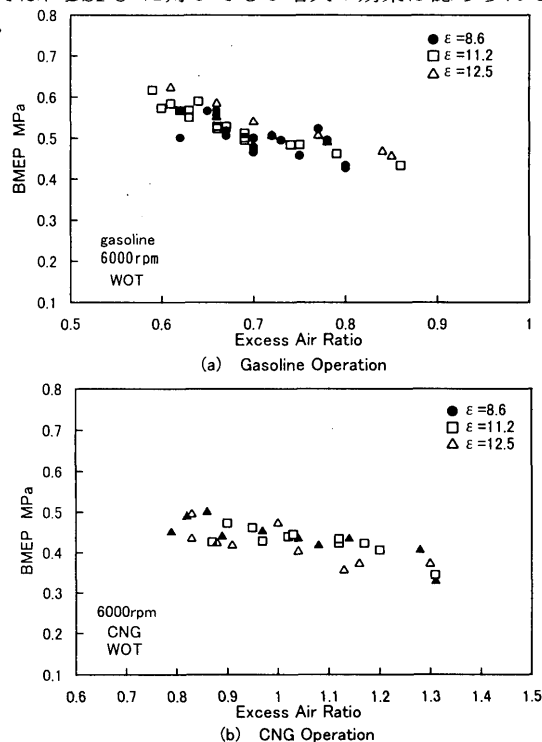


Fig.2. Effect of compression ratio on BMEP.

3.3 排気ガス中 THC(Total Hydro-Carbon)に対する圧縮比(ϵ)の影響

図 4(a), (b)に λ に対する THC の排出濃度を示す。ガソリン、CNG のいずれにおいても変動は大きいですが、まず、CNG

の場合はガソリンの 20 倍以上の濃度となっている。これは、CNG 中の CH_4 によるところが大きい。ここでは、FTIR で計測された HC の各成分濃度を単純和した値を THC としているため、 CH_4 の割合が極めて高い CNG の場合、実濃度としては高くなる。しかしながら、 CH_4 を除いた NMOG をとった場合でも、依然として CNG の方が約 3 倍となっていた。このように、CNG の場合には、実濃度ベースでの HC は高く、 C_1 換算等の評価を行う必要はあるものの計測法の問題が考えられる。FTIR の場合、トルエン(C_7)までの HC しか検出されず、CNG では殆ど問題ないと考えられるが、ガソリンの場合には、高沸点の HC が計測されていない可能性が高い。したがって、FID 等の他の計測法によるチェックが必要であると言える。また、いずれの燃料においても、 ϵ 増大は HC を低下させる傾向が僅かながら認められる。これは、 ϵ の増大が燃焼速度を増大させること、吹き抜け割合を低下させたことなどによるものと考えられ、排気温度低下の影響を超えたことによるものと考えられる。

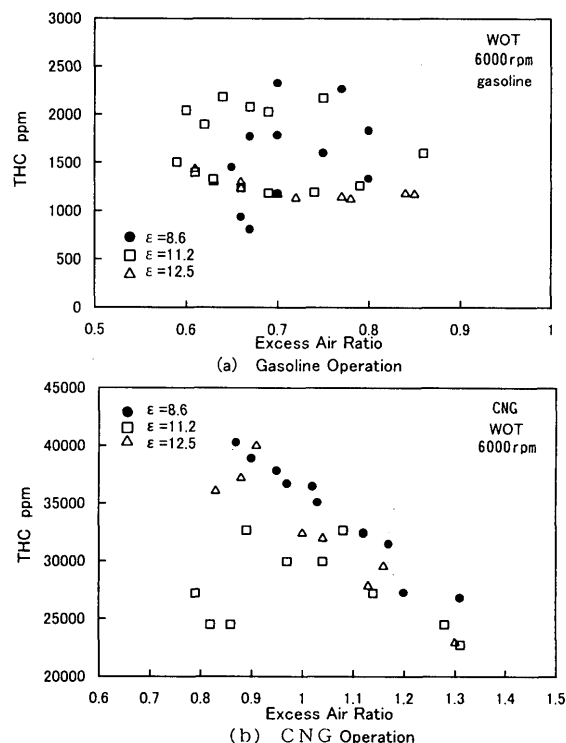


Fig.3. Effect of compression ratio on THC emission.

4. 結論

- (1) CNG における、 ϵ 増大によって、IMEP は増大しても、BMEP は増大しないという現象は、過去の研究結果と一致し、ガソリンの場合には現れてないことから、CNG 特有の現象であり、潤滑に関連したものと考えられる。
- (2) CNG 化することにより、ガソリンに比べて THC 排出は増大する。

謝辞 本研究は、ヤマト発動機(株)の受託研究として行われ、実験装置および資金の援助を得た。天然ガス小型充填機については三洋電機(株)の協力を得た。また研究の遂行と論文の作成には、当時 4 年生の神保英人、および中島邦明両君の協力を得た。

参考文献

- (1) 山形隆之・他 5 名, 日本機械学会第 75 期通常総会講演会講演論文集, vol.3, No.2816, (1998), 541