

Methanol-LPG 燃料 電氣點火機關의 性能 및 排出物濃度

The Performance and Emissions of Methanol-LPG
Fueled Spark Ignition Engine金 應 瑞*·趙 慶 國*
Eung Seo Kim, Kyung Kook Cho

Abstract

Engine performances and emission characteristics were investigated, using a experimental single cylinder engine with methanol-LPG (butane) fuel blend.

The results were compared with the case of neat methanol and gasoline.

The blending ratio of methanol to LPG was reasonable at 90 : 10 (M90) and in using M90, the engine performances, including output, brake specific fuel consumption and brake thermal efficiency, were better than those of neat methanol and gasoline.

CO emission of M90 was lower than that of neat methanol by 15% and lower than that of gasoline by 35%. HC emission of M90 was also lower than that of gasoline by 46-85% in the whole range of ϕ . The concentration of NOx emission of M90 was lower than that of gasoline and higher than that of neat methanol.

記 號

a	: 關機사이클과 관계되는 定數, (사이클수) /2	P_o	: 標準狀態로 換算한 軸出力
BSEC	: 制動에너지 消費率	Q_r	: 時間當 發熱量
BSFC	: 制動燃料 消費率	T	: 機關토포크
F	: 燃料 消費量	T_b	: 부탄 測定時間
F_b	: 測定된 부탄量	T_m	: 메탄올 測定時間
F_m	: 測定된 메탄올量	V_d	: 行程体積
G_a	: 吸入空氣量	γ	: 測定溫度에서의 燃料의 比重量
H_t	: 燃料의 發熱量	γ_a	: 濕空氣의 比重量
		η_e	: 制動熱效率
		η_v	: 体積效率
		ϕ	: 當量比

1. 緒 論

메탄올(CH₃OH)과 에탄올(C₂H₅OH)은 石油燃料의 다음 世代를 이어 나갈 燃料로서 또는 代替燃料의 하나로서 높이 評價되어 여러 가지 面에서 그 實用化를 위한 研究가 進行되고 있다.⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

메탄올이나 에탄올의 利用에 있어서는 가솔린 등과의 混合狀態로, 또는 니이트 메탄올이나 니이트 에탄올의 狀態로 사용하는 方法이 있다. 混合狀態로 사용되는 경우, 에탄올은 에탄올-가솔린 混合燃料의 狀態로 이미 브라질 등에서 實用化된 바 있고, 메탄올은 美國등에서 實用試驗이 실시되어, 燃料系統의 使用材料에 어느 程度의 對策을 세우면 實用이 可能하다는 結論을 얻고 있다. 그러나 니이트 메탄올이나 니이트 에탄올을 사용하는 경우에 대한 研究는 그다지 많지 않다.

니이트 메탄올을 燃料로 사용하는 경우 高壓縮比의 사용이 可能한 것,⁽⁴⁾ 10% 程度의 出力의 增加를 기대할 수 있는 것,⁽⁵⁾ 混合氣의 火炎전파速度가 빠르고, 可燃混合比의 上下限이 넓은 것,⁽⁶⁾ 燃效率이 向上되는 것,⁽⁷⁾ 排出物로서의 CO, NO_x의 量이 적고,⁽⁸⁾⁽⁹⁾ HC의 排出은 거의 없는 것 등의 利點이 있다. 이에 대해 欠點으로서 燃料系統의 材料를 耐蝕性의 것으로 하여야 하는 것, 燃料탱크의 體積이 가솔린의 경우에 比하여 거의 2倍 程度로 커야 하는 것, 알데하이드의 排出이 가솔린의 경우에 比하여 2~3倍 增加된다는 것,⁽¹⁰⁾ 또 約 15℃ 以下의 氣溫에서는 冷間始動이 어려운 것 등의 問題가 있다.

本研究에서는 니이트 메탄올을 燃料로 사용하는 경우의 冷間始動性의 問題를 LPG燃料의 供給으로 改善한다는 것을 착안點으로 하고, 더 나아가 메탄올-LPG 混合燃料의 有効性을 檢討하는 것을 目的으로 하였다. 實驗에 있어서는 메탄올과 LPG의 2重燃料系統을 부 착한 研究用單氣筒 4 사이클 가솔린機關을 사용하고, 메탄올-LPG의 比率이 50 : 50, 80 : 20 및 90 : 10이 되는 3種의 混合燃料를 사용하는 경우의 機關性能과 排出物에 대해 評價하고, 이 中의 하나와 니이트 메탄올 및 가솔린과의 경우를 比較檢討

하였다.

2. 實驗裝置 및 燃料

2.1. 實驗裝置

實驗裝置는 研究用單氣筒機關과 機關動力計를 비롯하여 燃燒解析裝置, 크랭크角檢出裝置, 溫度測定裝置, 燃料流量計, 空氣流量計, 排氣가스分析裝置 등으로 구성하였다 (Fig. 1 및 Fig. 2).

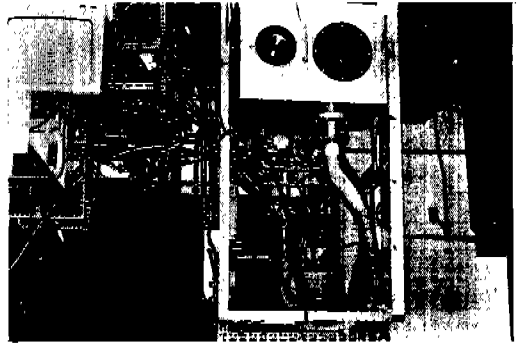
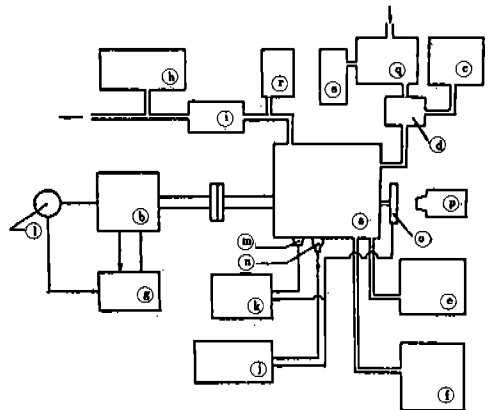


Fig. 1 Single cylinder engine with the equipments.

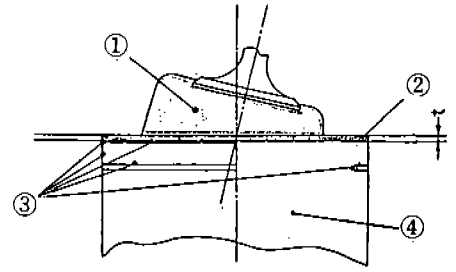


- | | |
|------------------------|-----------------------|
| ⓐ Single Cylinder E/G | Ⓚ Spark Advance Meter |
| ⓑ E/G Dynamometer | Ⓛ Tachometer |
| ⓒ Fuel System | Ⓜ Spark Plug |
| ⓓ Intake System | Ⓨ Pressure Transducer |
| ⓔ Cooling System | Ⓩ TDC & Angle Sensor |
| ⓕ Lubricating System | ⓐ Light Source |
| ⓖ Load Control System | ⓑ Air Surge Tank |
| ⓗ Exhaust Gas Analyzer | ⓒ Manometer |
| Ⓢ Muffler | ⓓ Inclined Manometer |
| Ⓣ Comustion Analyzer | |

Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus.

研究用單氣筒機關은 4 사이클 전기점화機關이고, 燃燒室은 Wedge型(Fig. 3), 실린더 치수는 85×86, 行程體積은 0.488ℓ이며, 壓縮比는 8.5 : 1이다. 또 이 機關의 燃料供給裝置는 메인 노즐의 流量을 可變시킬 수 있도록 개조한 보통의 氣化器와 吸氣管 분사式 電子制御 燃料噴射裝置로 되어 있다. 이 機關의 기타 諸元은 Table 1과 같다.

軸出力의 測定에 사용된 機關動力計는 水冷渦電流制動型, 最大吸收馬力 30P S, 最高 吸收回轉速度 7000rpm의 것이고, 燃燒解析裝置는 P-θ,



- ① Combustion Chamber Volume 51.2cc
- ② Volume of Gasket Part 12.663cc
- ③ Others 1.30cc
- ④ Stroke Volume 487.76cc

Fig. 3 Wedge type combustion chamber

Table.1 Specifications of Single Cylinder Engine

Type of Engine		TRE-2G (Gasoline)
Fuel		Gasoline
Bore×Stroke(mm)		85×86
Displacement (ℓ)		0.488
Compression ratio		8.5
Combustion chamber		Wedge type
Cylinder liner		Integral with cylinder block
Max. output (PS/rpm)		16/4000
Max. torque (kg-m /rpm)		3.4/2200
No. of piston rings	Comperession ring	2
	Oil ring	1
Intake valve	Open	16° (BTDC)
	Close	54° (ABDC)
Exhaust valve	Open	52° (BBDC)
	Close	12° (ATDC)
valve clearance (mm)	Intake	0.20 (cold valve: 0.18)
	Exhaust	0.33 (cold valve: 0.30)
Fuel supply system		Gravity type (fuel pressure = 0.1 kg/cm ²)
Ignition(injection) timing BTDC/rpm		10°/700(manual)
Lubricating system		Dry sump(external distribution system)
Oil pump		Two trochoid pumps (with motor) used for supply and return
Oil cleaner		Paper filter
Oil volume (ℓ)		9
Cooling system		Water-cooled (by pump equipped with motor)

P-V, Pmax-θ, (dP/dθ)max - θ 등의 測定機能을 구비한 것이고, 이것에 부속된 壓力檢出裝置는 Kistler 피에조型이다. 燃料流量計로는 流量 10.6cc/rev, 壓力限界 10kg/cm², 精密度 ± 3 %의 數值表示式의 것을, 空氣流量計로는 오리피스 液柱型式의 것을 사용하였다.

또, 排氣가스濃度 測定에 사용한 排氣가스分析裝置는 가솔린機關 전문의 것으로 CO-NDIR, CO₂-NDIR, THC-FID, NO-CLD로 되어 있고, 排氣가스 採取는 直接採取方式로 되어 있다 (Fig. 4).

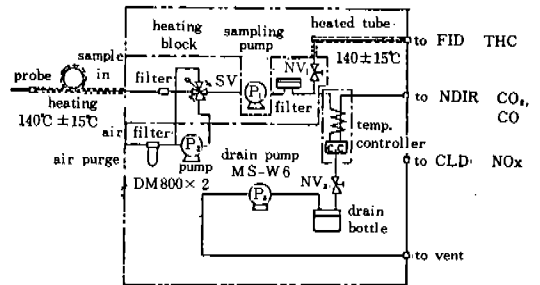


Fig. 4 Flow schematic diagram of exhaust gas analyzer.

2.2. 燃 料

燃料로는 가솔린(시판되는 보통급, 옥탄가 86), 메탄올(純度 99%) 및 메탄올-부탄 混合燃料를 사용하였다. 메탄올-부탄은 메탄올-LPG 대신에 사용한 것인데, 이것은 熱量計算을 쉽게 하기 위한 것이었으며, 이 경우 메탄올과 부탄의

比率는 熱量比로 50 : 50, 80 : 20 및 90 : 10의 3種으로 하였다.

3. 實驗方法 및 關係計算式

3.1. 實驗方法

本實驗研究의 目的이 메탄올-LPG(부탄) 混合燃料의 사용에 의한 機關始動性 問題의 개선과 또, 機關性能 및 排出物에 미치는 LPG(부탄)의 영향을 研究하는데 있으므로 메탄올과 부탄의 比率를 上記 3種 즉, 50:50(M50이라 부르기로 한다), 80:20(M80) 및 90:10(M90)으로 하여 機關性能關係 및 排出物濃度에 대해 먼저 實驗하고, 이 중에서 가장 適合하다고 생각되는 것을 그것의 代表로 하여 가솔린 및 메탄올의 경우와 比較토록 하였다.

軸出力, 制動熱效率, 制動燃料消費物, 制動에너지消費物, 排氣가스의 溫度變化, 機關回轉速度와 軸出力, 體積效率, 制動燃料消費率 등 機關性能에 대하여는 WOT에서 機關回轉速度를 2250, 2500, 2750 및 3000rpm의 各 速度로 고정하고 當量比 ϕ 를 0.8~1.4의 범위로 變化시키며, 가솔린, 메탄올 및 메탄올-부탄의 混合燃料을 사용하였을 때에 대해 實驗하였다. 이때, 點火時期는 모든 경우에서 MBT로 하였다.

制動馬力과 制動熱效率의 관계 및 制動燃料消費率과 制動熱效率의 관계에 대해서는 關係式에 따라 算定하였고, 點火時期의 영향에 대해서는 當量比 $\phi = 1$, 機關回轉速度 $n_E = 3000rpm$ 의 경우에 대하여 實驗하였다.

모든 實驗에서 燃料의 供給은 氣化器 또는 電子制御燃料噴射裝置를 사용하였고, 必要한 경우에는 이들 모두를 병용하였다. 燃料量의 조절은, 氣化器에서는 메인 노즐의 지름을 조정장치를 통하여 可變시키는 것에 의하였고, 電子制御燃料噴射裝置에서는 燃料噴射時間을 조정하여 適量의 燃料이 再現性있게 供給되도록 하였다.

MBT의 設定에 있어서는, 가솔린燃料의 경우는 노크限界와 연관하여 定하였고, 메탄올燃料의 경우는 反노크性이 強하여 MBT 前後 2~3°의 범위에서는 軸토키의 變化나 노크음이 發生하

지 않으므로 燃燒解析裝置를 사용, P_{m_i} 를 측정하여 定하였다.

메탄올燃料의 경우, 氣化潛熱이 매우 커서 氣化器設置部의 吸氣管의 溫度降下를 防止하여야 하므로 吸氣管 주위에 約 80°C의 機關冷却水를 순환시켰다.

메탄올-부탄 混合燃料의 混合比는 다음과 같이 定義하였다.

$$\text{混合比} = \frac{\text{메탄올에 의한 발열량}}{\text{메탄올에 의한 발열량} + \text{부탄에 의한 발열량}} = \frac{\text{메탄올에 의한 발열량}}{\text{전체 발열량}}$$

또 메탄올-부탄 混合燃料의 供給에 있어서는 메탄올은 電子制御燃料噴射裝置를 사용하였고, 부탄은 micro-needle valve와 壓力調整器, 熱交換器 등을 사용하여 供給하였으며, M50, M80, M90 등의 混合比 범위에서 부탄의 量은 1.5~25g/min로 매우 적으므로 上記의 기구로 微細 調整토록 하고, 氣化器 上端部의 어댑터를 통해 約 0.2kg/cm²의 壓力으로 壓入하도록 하였다. 供給量의 測定을 위해서 重量 340g 정도의 캔에 부탄을 사용하고, 사용 前後에 稱칭으로 무게를 計測하였다.

實驗中 機關의 冷却水 및 潤滑油의 溫度는 機關부속의 裝置로 各各 80±5°C와 80±2°C가 유지되도록 하였다.

排氣가스의 濃度測定은 機關性能관계 實驗時에 병행하여 시행하였으며, 單位實驗時間의 2/3가 경과한 후 나머지 1/3 單位時間에 계속 測定하였다.

3.2. 關係計算式

實驗資料의 처리에 사용된 主要 關係計算式은 다음과 같다.

(1) 空燃比

가솔린이나 메탄올燃料의 경우 空燃比 $R_{s,m}$ 은

$$R_{s,m} = \frac{G_a}{F \times \gamma} \times 3600 \dots\dots\dots(1)$$

로, 메탄올-부탄 混合燃料의 경우 空燃比 $R_{m,b}$ 는

$$R_{m0} = \frac{G_a \times H_{ig} \times 1000}{\frac{F_m}{T_m} \times \gamma_m \times H_{im} + \frac{F_b}{T_b} \times H_{ib}} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 가솔린의 發熱量 $H_{ig} = 10506.9$ kcal/kg
 메탄올의 發熱量 $H_{im} = 4769.8$ kcal/kg
 부탄의 發熱量 $H_{ib} = 10936.2$ kcal/kg
 이다.

當量比 ϕ 는

$$\phi = \frac{\text{測定된 空燃比}}{\text{理論空燃比}} \dots\dots\dots(3)$$

로 정의한다.

(2) 燃料消費量과 燃料消費率

燃料消費量 F 는

$$F = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots(4)$$

이고 가솔린을 燃料로 하는 경우의 制動燃料消費率 g_g 는

$$g_g = \frac{F}{P_o} \times \gamma_g \times 1000 \dots\dots\dots(5)$$

이다. 메탄올과 메탄올-부탄의 경우는 同一熱量을 가지는 가솔린量으로 換算하여 計算한다. 즉, 메탄올燃料 使用時의 制動燃料消費率 g_m 은

$$g_m = \frac{F_m \times \gamma_m \times H_{im}}{T_m \times P_o \times H_{ig}} \times 3600 \dots\dots\dots(6)$$

로, 메탄올-부탄 燃料의 경우 制動燃料消費率 g_{m0} 는

$$g_{m0} = \left(\frac{F_m}{T_m} \times \gamma_m \times H_{im} + \frac{F_b}{T_b} \times H_{ib} \right) \times \frac{3600}{P_o \cdot H_{ig}} \dots\dots\dots(7)$$

으로 된다.

(3) 制動에너지消費率

制動에너지消費率은 各燃料에 대하여 다음 式에 따라 計算한다.

$$BSEC = BSFC \times H_i \dots\dots\dots(8)$$

(4) 制動熱效率

制動熱效率 η_e 는

$$\eta_e = \frac{632 \cdot P_o}{Q_f} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

로 計算된다.

(5) 體積效率

體積效率 η_v 는

$$\eta_v = \frac{G_a \times a}{\gamma_a n_E V_a} \times 60 \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

으로 計算된다.

4. 實驗結果 및 檢討

4.1. 機關性能關係

Fig. 5와 Fig. 6은 M50, M80 및 M90을 燃料로 하고, 機關回轉速度 2500rpm 및 3000rpm, 트로틀開度 WOT, 點火時期 MBT에서의 當量比 ϕ 와 出力의 關係를 表示한 것이다. 機關回轉速度 2500rpm의 경우 $\phi = 0.8 \sim 1.0$ 범위에서는 機關出力의 크기가 M50, M90, M80의 順序로 되고, $\phi = 1.2 \sim 1.4$ 의 범위에서는 그 順序가 M80, M50 및 M90으로 바뀌고 있으나, 曲線의 形狀은 一般的인 出力曲線과 近사하다. 그러나, Fig. 6의 機關回轉速度 3000rpm에서는 M90과 M80이 ϕ 의 全범위에 걸쳐 거의 同一한 出力水準(M90이 약간 크다)을 표시하고, M50은 $\phi = 1.0$ 근처에서 約 8.4PS로 M80의 9.8PS보다 14% 정도 작으며,

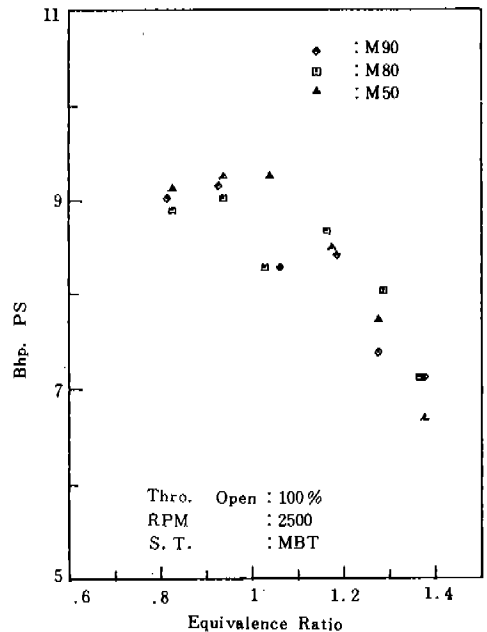


Fig. 5 Brake horse power for M50, M80, M90 versus equivalence ratio at 2500 rpm, WOT and MBT.

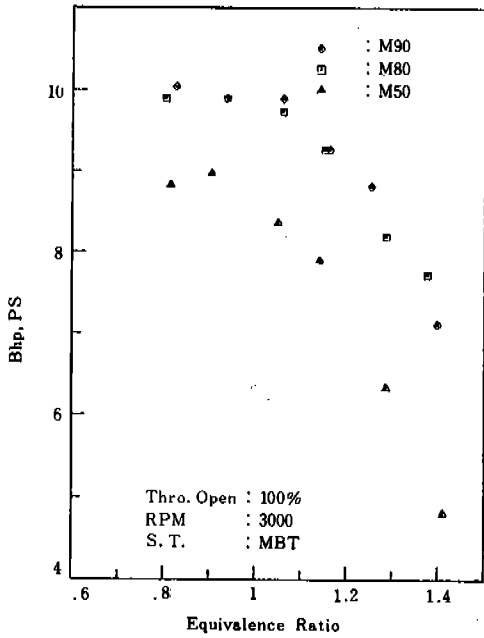


Fig. 6 Brake horse power for M50, M80, M90 versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

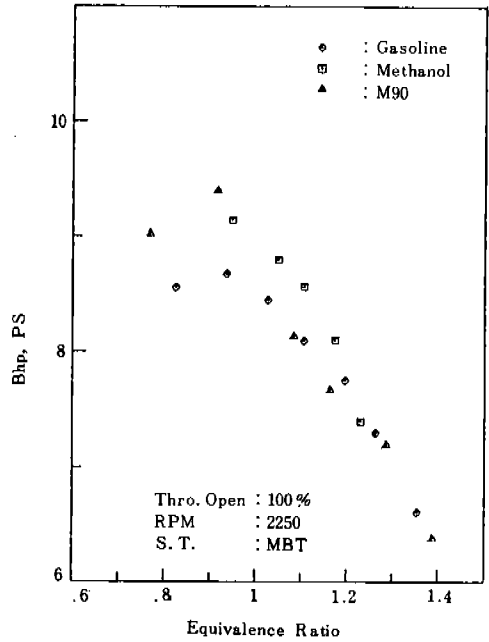


Fig. 7 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 2250 rpm, WOT and MBT.

이 차이는 ϕ 가 커짐에 따라 더 커지고 있다. 이것은 M50이 그 50%가 기체燃料로 되어 있어 機關回轉速度가 올라감에 따라 体積效率이 낮아질 것이므로 이에 原因하는 것 같다.

Fig. 7 ~ Fig. 10은 燃料로 M90, 메탄올, 가솔린을 사용하고, 機關回轉速度 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm 및 3000 rpm, WOT, MBT에서의 當量比 ϕ 와 出力의 관계를 表示한 것이다. 機關回轉速度 2250 rpm의 경우 $\phi=0.8\sim 1.0$ 에서 M90이 메탄올이나 가솔린의 경우보다 높은 값을 나타내고 있으나 $\phi=1.2\sim 1.4$ 에서는 뚜렷한 性向을 표시하지 않으며, 2500 rpm에서는 ϕ 의 全범위에 걸쳐 가솔린이 M90보다 높은 값을 표시하고 있다. 그러나, 機關回轉速度가 높아진 2750 rpm 및 3000 rpm에서는 M90이 가솔린이나 메탄올보다 높은 값을 차지하고 있고, 그 차이는 ϕ 의 全범위에 걸쳐 5~10%가 된다. 이것은 M90이 부탄 10% 뿐이므로 体積效率에 별다른 영향을 주지 않고, 메탄올의 燃燒特性에 氣體부탄의 燃燒特性이 相

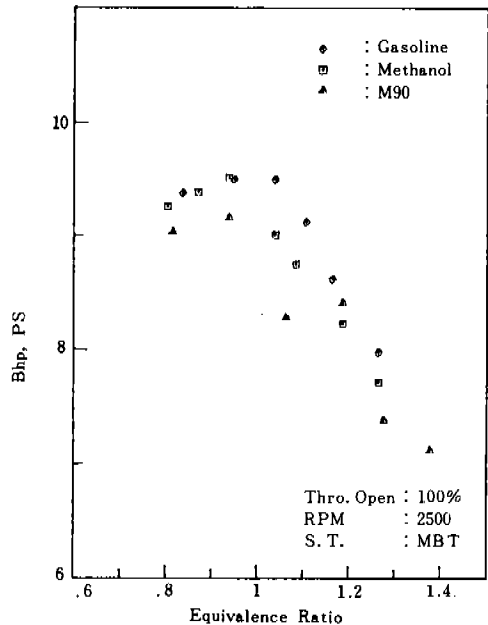


Fig. 8 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 2500 rpm, WOT and MBT.

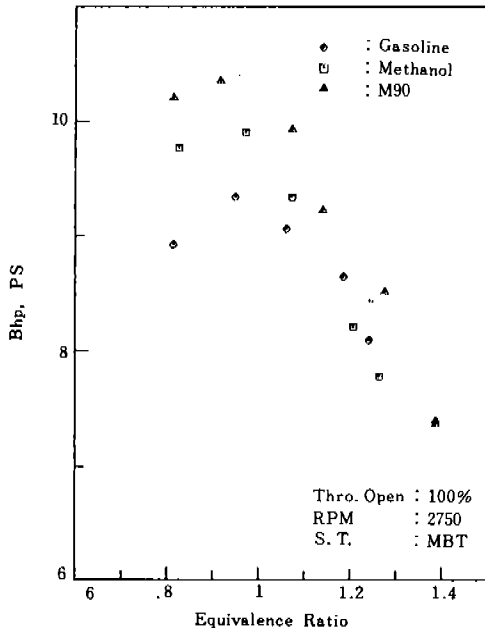


Fig. 9 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 2750 rpm, WOT and MBT.

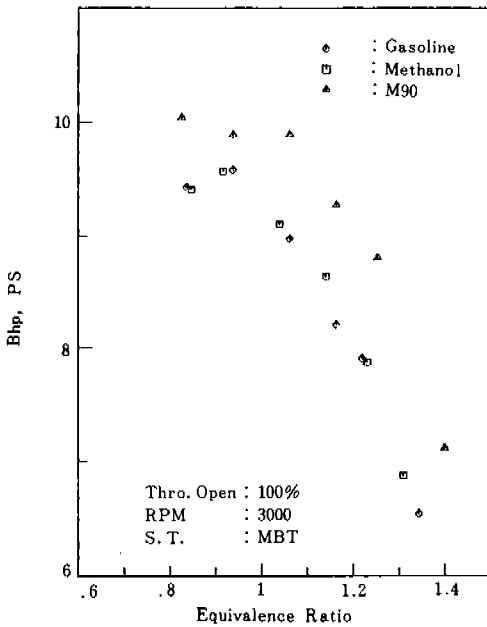


Fig. 10 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

乘的으로 作用하여 실린더内 燃燒를 촉진하는 것에 原因하는 것으로 생각된다.

制動燃料消費率에 있어서는 全速度범위에서 대체로 M50의 경우가 가장 크고 M80이 가장 적다. Fig. 11과 Fig. 12는 燃料로 M50, M80, M90을 사용하고 機關回轉速度 2500 rpm 및 3000 rpm, WOT, MBT에서의 當量比 ϕ 와 制動燃料消費率의 관계를 表示한 것이다. 機關回轉速度 2500rpm의 경우, 制動燃料消費率은 $\phi=0.8$ 에서 M80, M90, M50의 순으로 크고, $\phi=1$ 에서는 M50, M90, M80의 순으로 커져 M50과 M80의 위치가 바뀌고 있으며, $\phi=1.2\sim 1.4$ 에서는 뚜렷한 性向을 나타내지 않는다. 그러나 3000rpm에서는 ϕ 의 全범위에서 M50이 가장 크고, M80과 M90은 거의 비슷한 傾向을 나타내고 있으며, 또, 이들과 M50과는 $\phi=1$ 부근에서 245g/PS-h와 295g/PS-h로 M50이 約 20%, $\phi=1.3$ 부근에서는 250g/PS-h와 320g/PS-h로 M50이 約 28% 더 많다. 이 현상은 機關回轉速度와 크게 관계되는 것으로 보아 부탄量 때문에 體積效率이 저하되고, 또, 이에 따라 燃燒壓力이 저하되어 燃燒에 의한 熱에너지가 效果的으로 機械일로 전환되지 못하는 것에 原因하는 것 같다. Fig. 13과 Fig. 14는 燃料로 M90, 메탄올, 가솔린을 사용하였을 때의 當量比 ϕ 와 制動燃料消費率의 관계를 표시한 것이다. 2500rpm에서는 가솔린이 대체로 ϕ 의 全범위에 걸쳐 가장 많고, 그 다음은 메탄올, M90의 순서이나 그 차이가 크지는 않다. 그러나, 3000rpm에서는 그 차이가 현저하게 나타나 $\phi=1.2$ 에서 M90은 235g/PS-h로 메탄올의 250g/PS-h보다 6% 적고, 가솔린의 285g/PS-h보다는 18% 정도 적다. 메탄올과 부탄의 燃燒特性에 의하는 것이라 생각된다.

Fig. 15는 燃料로 M90, 메탄올, 가솔린을 사용하고, 機關回轉速度 3000rpm, WOT, MBT에서 當量比 ϕ 와 制動에너지消費率의 관계를 나타낸 것이다. ϕ 의 全범위에 걸쳐 M90이 가장 적고, 다음이 메탄올, 가솔린의 순서이다. 또, $\phi=1.2$ 부근에서 모두 가장 적으며, 이 때 M90은 245kcal/PS-h, 메탄올 260kcal/PS-h, 가솔린 305kcal/PS-h이고, M90이 메탄올보다는 約 6%, 가솔린

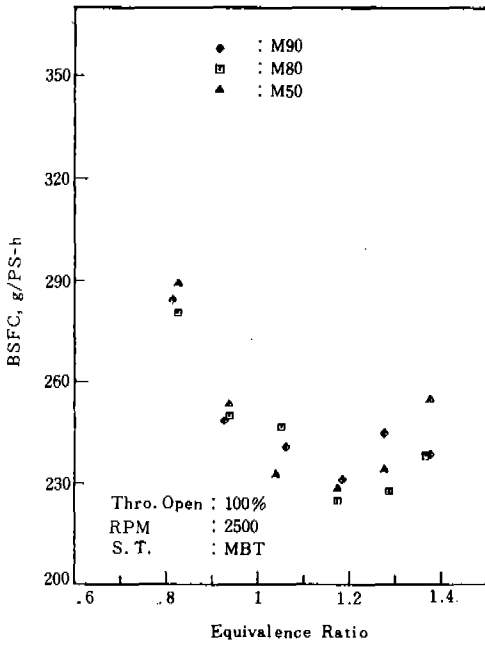


Fig. 11 BSFC for M50, M80, M90 versus equivalence ratio at 2500 rpm, WOT and MBT.

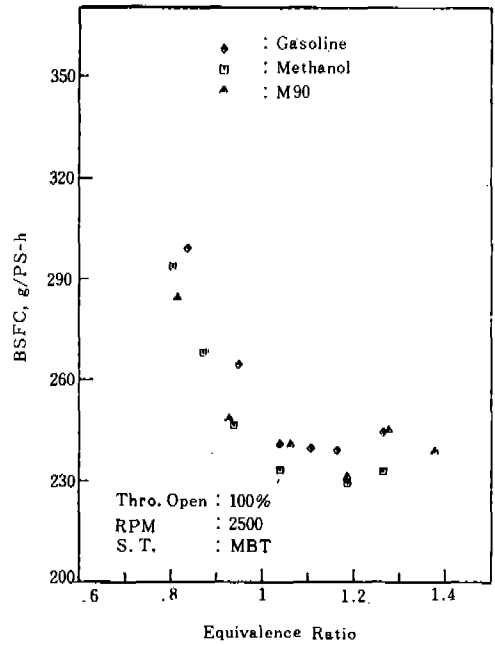


Fig. 13 BSFC for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 2500 rpm, WOT and MBT.

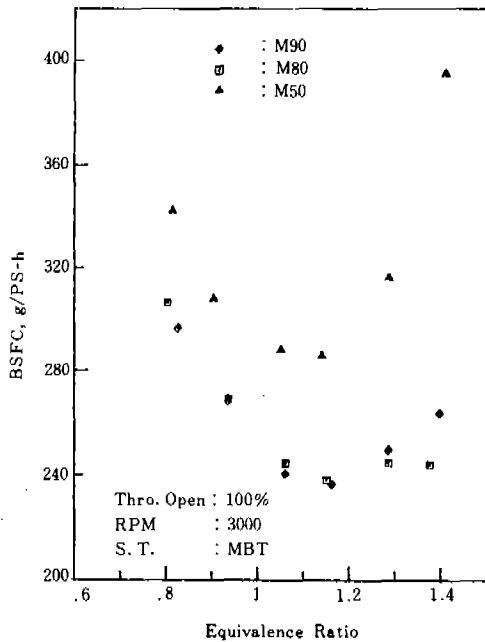


Fig. 12 BSFC for M50, M80, M90 versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

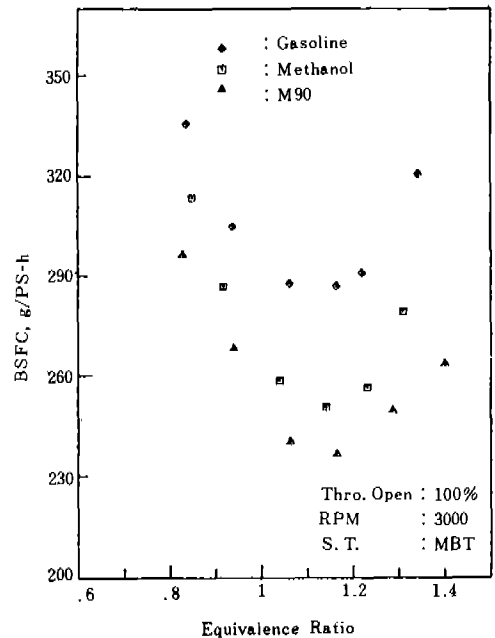


Fig. 14 BSFC for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

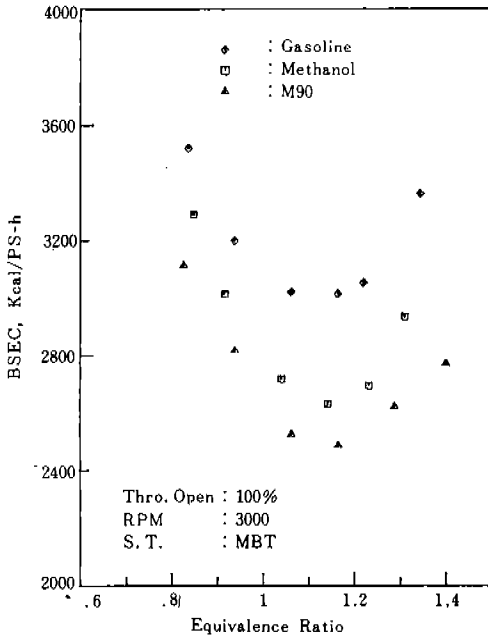


Fig. 15 BSEC for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

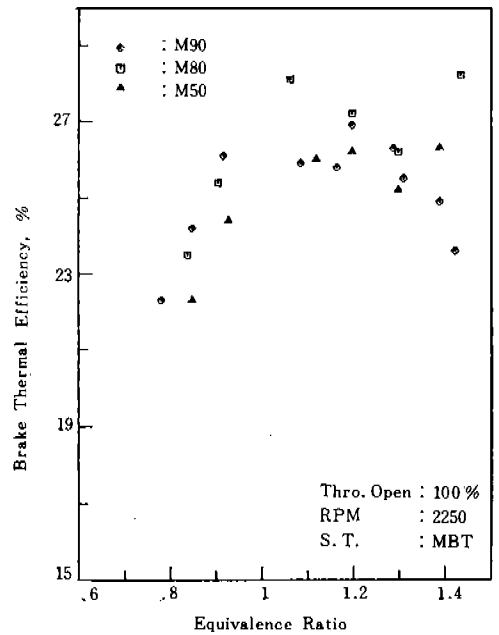


Fig. 16 Brake thermal efficiency for M50, M80, M90 versus equivalence ratio at 2250 rpm, WOT and MBT.

보다는 약 20% 적다.

制動熱效率은 M50, M80, M90의 경우 모두가 機關回轉速度의 영향을 상당히 받고 있다. 즉, Fig. 16의 機關回轉速度 2250rpm의 경우 $\phi=1.0\sim 1.2$ 에서 25~28%를 표시하는데 대해 Fig. 17의 3000 rpm의 경우에는 $\phi=1.0\sim 1.2$ 에서 20~23.5%를 표시하여 2250rpm의 경우에 비해 약 20% 감소되고 있다. 또, 3000rpm에서는 M50이 ϕ 의 소범위에 걸쳐 매우 낮아지고 있으며, $\phi=1$ 부근에서 M90과 M80이 각각 25%, 23.5%인데 대해 M50은 20%에 불과하다. Fig. 18과 Fig. 19는 M90, 메탄올, 가솔린을 燃料로 하고, 機關回轉速度가 각각 2250rpm 및 3000rpm 일때의 當量比 ϕ 와 制動熱效率의 관계를 表示한 것이다. 機關回轉速度 2250rpm에서 制動熱效率이 가장 좋은 것은 메탄올이고, 다음이 M90, 가솔린의 순서이다. 가장 높은 값은 $\phi=1.1$ 부근에서 메탄올의 28%, M90의 26%, 가솔린의 24%이다. 機關回轉速度 3000rpm에서는 M90의 效率가 가장 좋고 다음이 메탄올, 가솔린의 순이며, 가장 높은 값은 $\phi=1.1$

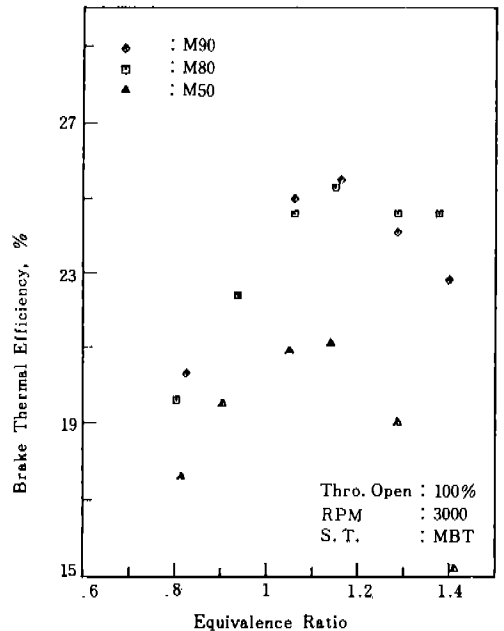


Fig. 17 Brake thermal efficiency for M50, M80, M90 versus equivalence ratio at 3000rpm, WOT and MBT.

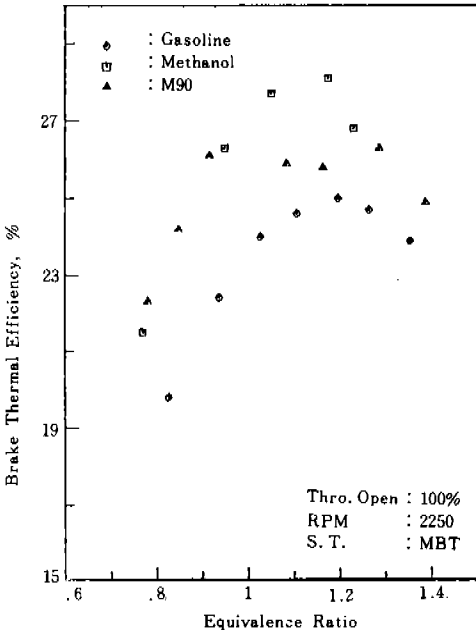


Fig. 18 Brake thermal efficiency for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 2250 rpm, WOT and MBT.

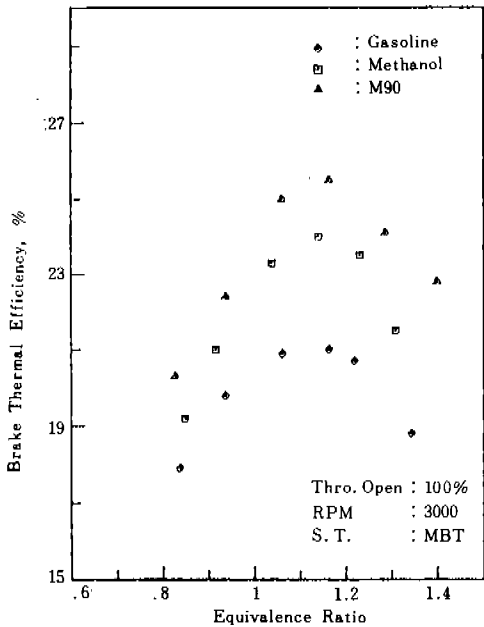


Fig. 19 Brake thermal efficiency for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

부근에서 나타나고 있으며, 이 때 M90은 25%, 메탄올 23.5%, 가솔린 20%이다.

Fig. 20과 Fig. 21은 $\phi=0.8$ 및 $\phi=1.0$ 에서의 機關回轉速度와 制動馬力の 關係를 表示한 것이다. $\phi=0.8$ 에서 制動馬力은 기폭이 있기는 하나 대체적으로 보아 M90이 가장 크고, 다음이 메탄올, 가솔린의 순이다. 機關回轉速度 2750rpm 에서의 制動馬力은 M90이 가장 큰 10.2PS 이고, 다음은 메탄올 9.7PS, 가솔린 9PS의 순서이다. $\phi=1.0$ 에서도 M90이 約 10PS로 가장 크고, 다음이 메탄올 9.3PS, 가솔린 9PS의 순이다. 또 各點을 잇는 曲線의 最高點이 가솔린, 메탄올, M90의 순으로 오른쪽에 位置하고 있다. 즉 M90은 高速域에서 더 效果的이다.

Fig. 22는 WOT, $\phi=1$, MBT에서의 機關回轉速度와 體積效率의 關係를 表示한 것이다. 3種의 燃料 모두가 機關回轉速度의 증가에 따라 體積效率이 감소되고 있는데 이것은 왕복型內燃機關의 特性上 當然하다 하겠다. 가솔린과 메탄올의 경우 거의 直線的인데 대해 M90은 2500rpm

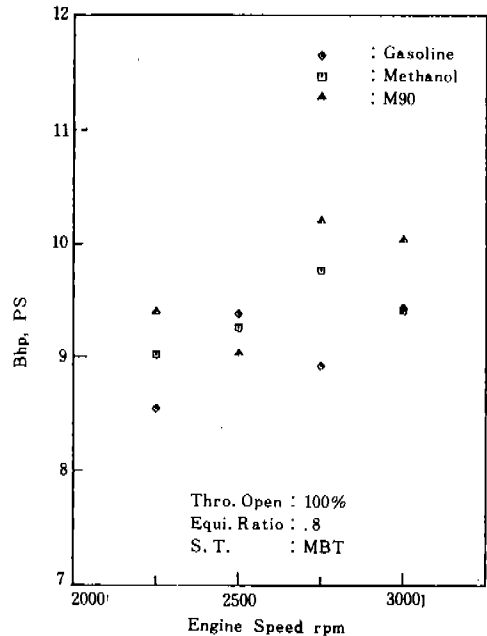


Fig. 20 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus engine speed at $\phi=0.8$, WOT and MBT.

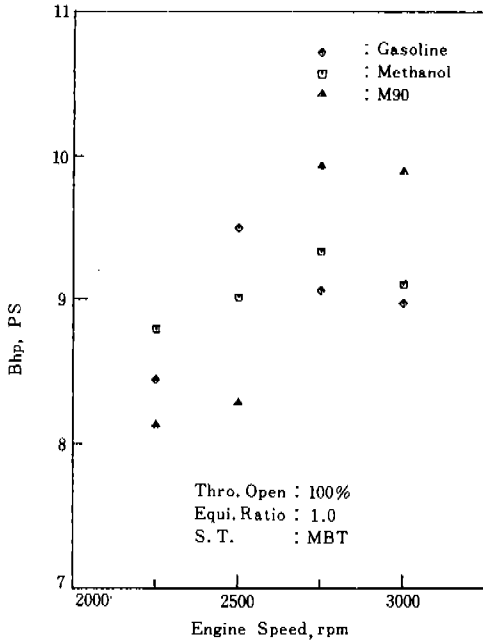


Fig. 21 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus engine speed at $\phi=1.0$, WOT and MBT.

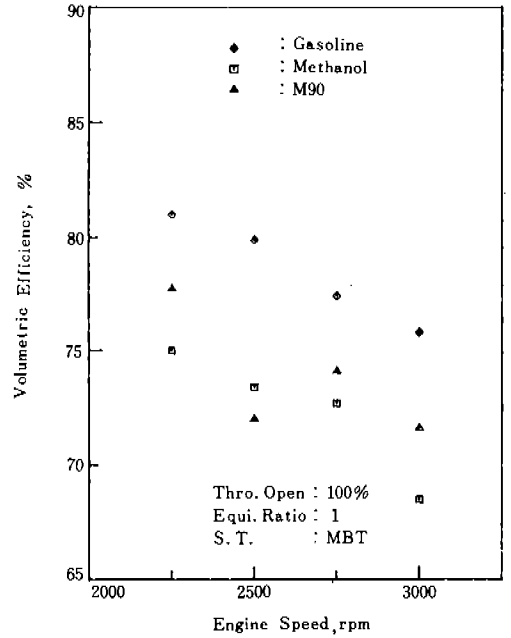


Fig. 22 Volumetric efficiency for M90, gasoline versus engine speed at $\phi=1.0$, WOT and MBT.

에서 메탄올과 위치가 바뀌어 巽狀 曲線을 나타내고 있다. 體積效率는 가솔린의 경우 2250rpm에서 82%, 3000rpm에서 77%로 가장 높고, 그 다음이 M90의 78%, 73%이며, 메탄올은 75% 및 68%로 가장 낮다. M90은 대체적으로 가솔린보다는 약 5% 낮고 메탄올보다는 약 5% 높다. M90과 메탄올이 가솔린보다 낮은 것은 메탄올의 휘발성과 氣体부탄의 영향때문인 것으로 생각된다.

Fig. 23과 Fig. 24는 $\phi=0.8$ 및 $\phi=1.0$ 에서의 機關回轉速度와 制動燃料消費率의 관계를 표시한 것이다. 制動燃料消費率은 $\phi=0.8$ 의 경우, M90이 全速度 범위에 걸쳐 가장 적고, 다음이 메탄올, 가솔린의 순으로 많아지고 있다. $\phi=1.0$ 의 경우 低速域에서는 메탄올, M90, 가솔린의 순으로 많아지고, 高速域에서는 M90이 가장 적고, 메탄올, 가솔린의 순으로 많아지고 있다. 그 차이는 $\phi=1.0$, 3000rpm에서 M90이 235g/PS-h로 메탄올의 265g/PS-h 보다 약 10% 적고, 가솔린의 285g/PS-h 보다 약 18% 적다. 이것은 前

述한 바와 같이 메탄올과 부탄의 燃燒特性이 가솔린이나 메탄올 單體의 경우보다 우수하기 때문이라고 생각된다.

Fig. 25는 $\phi=1.2$ 일 때 機關回轉速度와 制動에너지消費率의 관계를 표시한 것인데, 制動燃料消費率의 경우와 거의 비슷한 형태를 나타내고 있다. 즉, M90이 全速度범위에 걸쳐 가솔린의 경우보다 양호하고 高速域에서는 더욱 양호하다. 3000rpm에서의 M90의 制動에너지消費率은 2600 kcal/PS-h로 메탄올의 2800kcal/PS-h 보다 7% 적고, 가솔린의 3000kcal/PS-h보다 약 14% 적다.

Fig. 26은 機關回轉速度 3000rpm에서의 點火時期와 出力과의 관계를 표시한 것이다. $\phi=1$ 에서의 最適點火時期는 가솔린의 경우 45° 부근이고, 메탄올은 30° , M90의 경우도 30° BTDC이다. 가솔린이나 메탄올의 경우 點火時期에 의한 出力의 變化가 比較的 완만한데 대해 M90은 민감한 편이다.

Fig. 27은 MBT를 중심으로 하여 10° 어드변

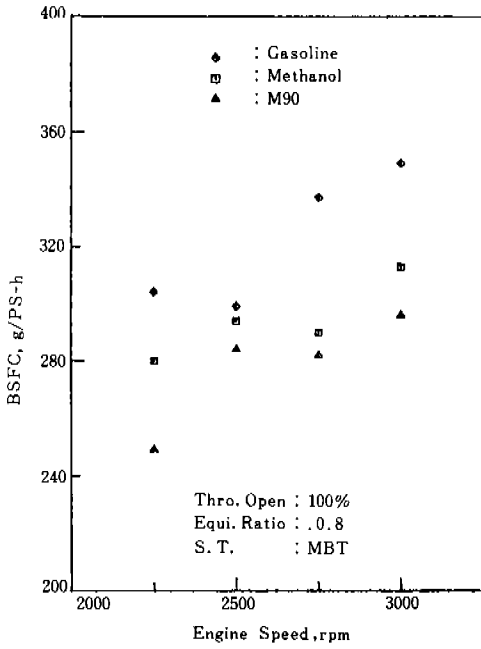


Fig. 23 BSFC for M90, methanol, gasoline versus engine speed at $\phi=0.8$, WOT and MBT.

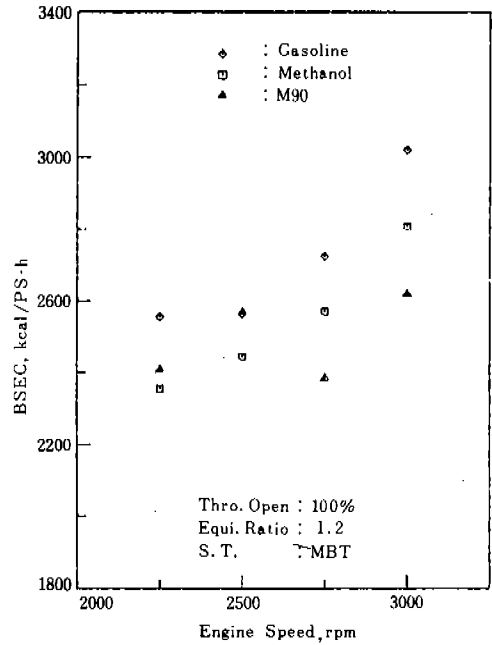


Fig. 25 BSEC for M90, methanol, gasoline versus engine speed at $\phi=1.2$, WOT and MBT.

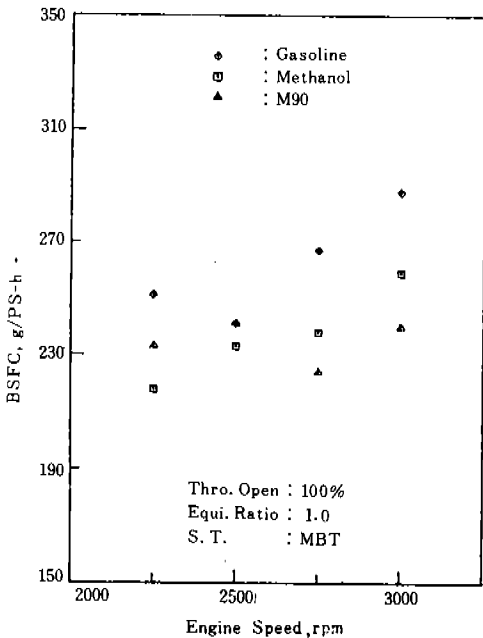


Fig. 24 BSFC for M90, methanol, gasoline versus engine speed at $\phi=1.0$, WOT and MBT.

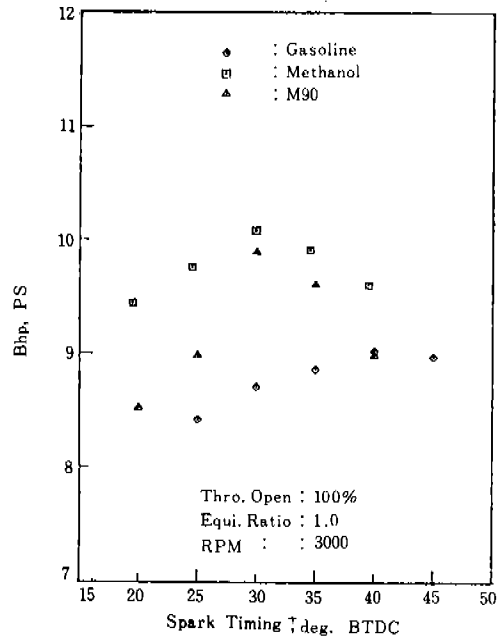


Fig. 26 Brake horse power for M90, methanol, gasoline versus spark timing at 3000 rpm, $\phi=1.0$ and WOT.

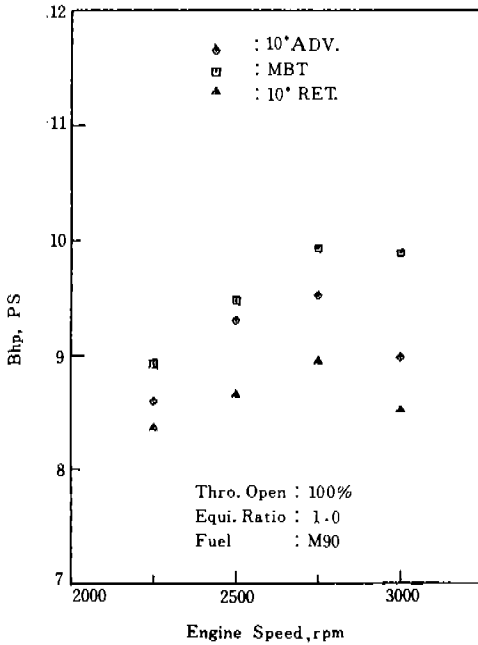


Fig. 27 Effects of spark timing and engine speed on brake horse power at $\phi=1.0$, WOT and M90.

스 하거나 리타어드 하였을 때의 機關回轉速度와 出力과의 관계를 나타낸 것인데, 대체적으로 리타어드 하였을 때가 어드밴스 하였을 때보다 출력이 더 크게 영향을 미치고 있다. 그러나, 3000 rpm의 高速域에서는 어드밴스나 리타어드에 모두 민감해지는 경향을 나타낸다.

Fig. 28은 M90, 메탄올, 가솔린을 燃料로 하고 機關回轉速度 3000rpm, WOT, MBT에서의 當量比 ϕ 와 排氣손실과의 관계를 표시한 것이다. 3種의 燃料 모두의 경우 ϕ 의 증가에 따라 排氣손실이 증가되고 있고, M90은 ϕ 의 全범위에서 메탄올보다는 2~3% 적고, 가솔린보다는 1~2% 많으나 $\phi=1.4$ 에서 約 28%로 가장 적다.

4.2 排出物

Fig. 29는 ϕ 에 따른 一酸化炭素(CO)의 濃度變化를 表示한 것이다. 3種의 燃料 모두가 ϕ 가 커질수록 즉, 稀薄 영역으로 갈수록 그 濃度가 감소되고 있는데, 이것은 一酸化炭素發生에 대한 一般의인 현상과 잘 一致되고 있다. M90의

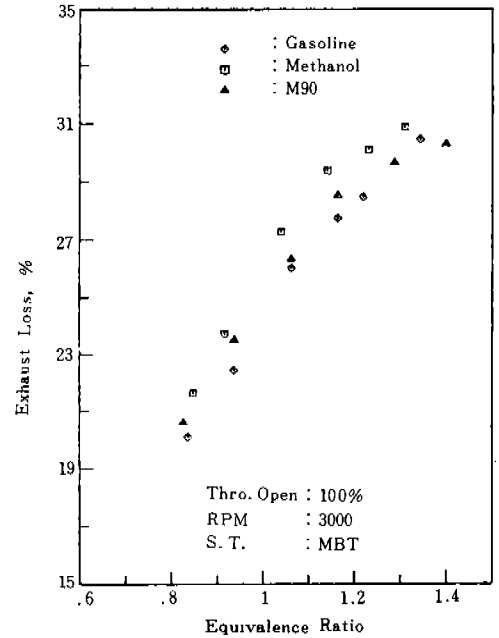


Fig. 28 Exhaust loss for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000 rpm, WOT and MBT.

경우 약간 不規則한 線을 나타내기는 하나 메탄올이나 가솔린에 比하여 $\phi=1$ 부근을 제외하고는 全범위에서 가장 낮은 濃度를 표시하고 있다. $\phi=0.8$ 에서 M90은 濃度 5%를 나타내어 메탄올의 6%보다 15% 적고, 가솔린의 7.8%보다는 約 35%가 적다. 또, $\phi=1.1\sim 1.4$ 의 稀薄 영역에서는 0.1% 정도의 濃度로 매우 양호한 상태를 나타내고 있다.

炭化水素(HC) 排出에 있어서는 가솔린의 경우 농후 영역에서 稀薄 영역으로 감에 따라 그 濃度가 낮아졌다가 다시 올라가는 曲線을 그려, 잘 알려진 生成 配 탄을 그대로 나타내고 있는데, M90에서는 농후한 域에서 낮고, $\phi=1$ 부근에서 높아졌다가 稀薄 域에서 다시 낮아지는 경향을 나타내고 있다. Fig. 30은 이 態를 표시한다. $\phi=0.8$ 에서 M90은 300ppm으로 가솔린의 2450ppm보다 87% 정도 낮고, $\phi=1$ 부근에서는 650ppm으로 가솔린의 1200ppm보다 約 46%, $\phi=1.2$ 부근에서는 200ppm으로 가솔린의 800ppm보다 75% 낮다. M90의 炭化水素 排出物이 농후

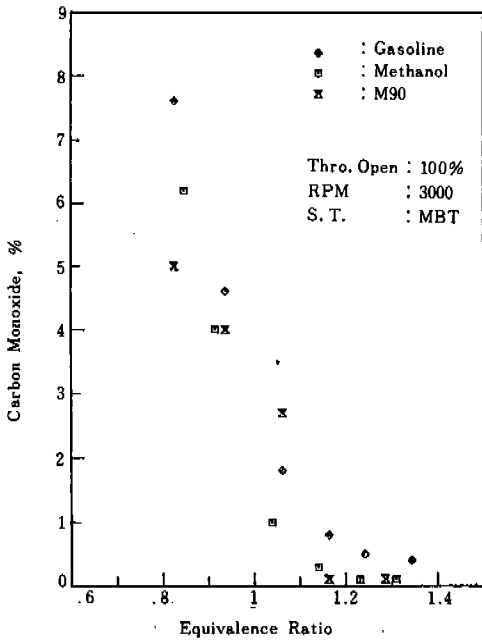


Fig. 29 Carbon monoxide emissions for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000rpm, WOT and MBT.

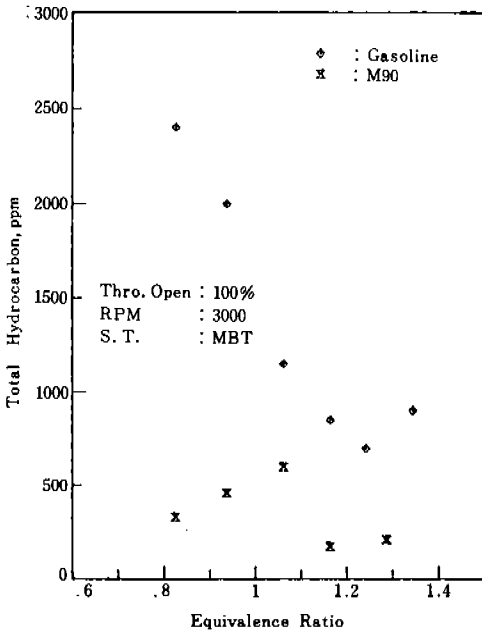


Fig. 30 Total hydrocarbon emissions for M90, gasoline versus equivalence ratio at 3000rpm, WOT and MBT.

영역에서 감소되고 있는 것은 부탄燃焼에 따른 相乘作用에 의하는 것이라 생각된다.

Fig. 31과 Fig. 32는 機關回轉速度와 ϕ 에 따른 窒素酸化物 (NO_x)의 排出濃度관계를 表示한 것이다. 機關回轉速度에 관계없이 $\phi=1.1$ 부근에서 排出濃度가 最大로 되고, 농후, 희박 양쪽으로갈 수록 감소되고 있는데 이것 역시 일반적으로 알려진 窒素酸化物 生成 패턴과 거의 一致되고 있다. 機關回轉速度 2250rpm에서는 가솔린의 경우가 가장 크고, 메탄올과 M90은 거의 同一한 값을 나타내고 있다. $\phi=1.1$ 부근에서 M90은 3000 ppm으로 가솔린의 5000ppm보다 40% 적다. 機關回轉速度 3000rpm에서도 가솔린의 경우가 가장 많고, 메탄올과 M90은 거의 동등한 상태이다. $\phi=1.1$ 부근에서 M90은 3400ppm으로 가솔린의 3500ppm보다 約 3% 적고, 메탄올의 2850ppm 보다는 約 20% 많다.

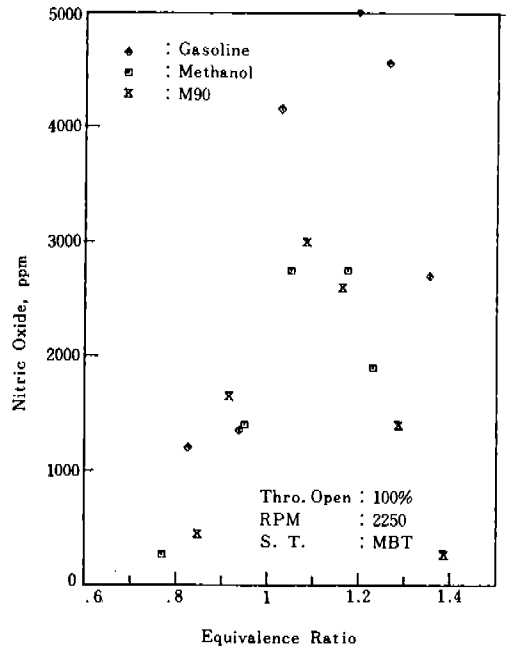


Fig. 31 Nitric oxide emissions for M90, methanol gasoline versus equivalence ratio at 2250rpm, WOT and MBT.

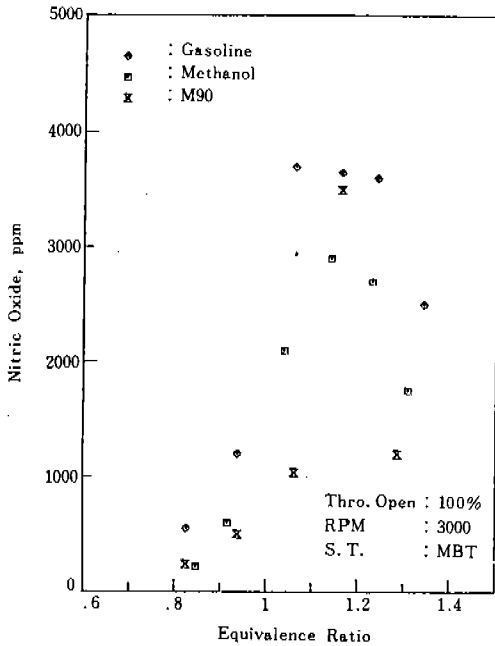


Fig. 32 Nitric oxide emissions for M90, methanol, gasoline versus equivalence ratio at 3000rpm, WOT and MBT.

5. 結 論

메탄올과 부탄의 比率이 50 : 50 (M50), 80 : 20 (M80), 90 : 10 (M90) 이 되는 3種의 混合燃料를 研究用單氣筒機關에 사용하였을 때의 機關性能과 排出物濃도에 대해 조사하고, 이들과 니이트 메탄올 및 가솔린 燃料의 경우를 比較檢討하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 메탄올-부탄 混合燃料를 사용하였을 때의 出力性能은 低速域에서는 M80의 경우가, 高速域에서는 M90의 경우가 우수하며, $\phi=1$ 에서 M50의 경우와 M90의 경우의 사이에는 14% 程度의 차이가 있고, 이 차이는 ϕ 가 커짐에 따라 더 커진다.

(2) 高速域에서는 M90의 경우의 出力性能이 메탄올이나 가솔린의 경우보다 우수하며, 그 차이는 ϕ 의 全범위에 걸쳐 5~10%가 된다.

(3) 制動燃料消費率은 速度의 全범위와 ϕ 의 全범위에서 대체로 M50의 경우가 가장 크고, M90의 경우와 큰 차이는 없으나 M80의 경우가 가장

적다.

(4) 低速域에서는 가솔린의 경우의 制動燃料消費率이 가장 크고, 그 다음이 메탄올, M90의 순이며, 그 차이가 크지는 않다. 그러나, 高速域에서는 그 차이가 현저하게 된다.

(5) 制動熱效率은 M50, M80, M90의 경우 모두가 機關回轉速度의 영향을 크게 받는다. 즉, 回轉速度가 증가됨에 따라 效率이 낮아진다.

(6) M90, 메탄올, 가솔린의 경우의 制動效率은 低速域에서는 메탄올이, 高速域에서는 M90의 경우가 가장 좋다.

(7) 最適點火時期는 M90의 경우와 메탄올의 경우가 거의 비슷하며, 가솔린의 경우보다 리타아드된 位置에 있다. 또, 가솔린이나 메탄올의 경우는 點火時期에 의한 出力의 變化가 比較的의 완만한데 대해 M90의 경우는 민감한 편이다.

(8) CO의 排出濃도에 있어서는 M90의 경우가 $\phi=1$ 부근을 제외한 全범위에서 가장 낮다. $\phi=0.8$ 에서 M90의 경우 濃度 5%로 메탄올의 6%보다 15% 적고, 가솔린의 7.8%보다 約 35% 적다.

(9) HC의 排出濃도에 있어서는 M90의 경우가 ϕ 의 全범위에 걸쳐 가솔린의 경우보다 46~85% 낮다.

(10) NO_x의 排出濃도는 M90의 경우 가솔린의 경우보다는 낮고, 메탄올의 경우보다는 크다. 즉 M90은 3000rpm, $\phi=1.1$ 부근에서 가솔린의 경우보다는 約 3% 적고, 메탄올의 경우보다는 約 20% 많다.

參 考 文 獻

- (1) David Hagen, "Methanol as a Fuel: A Review with Bibliography," SAE Paper 770792
- (2) Eric E. Wigg and Robert S. Lunt, "Methanol as a Gasoline Extender-Fuel Economy, Emissions, and High Temperature Driveability," SAE Paper 741008
- (3) Edward J. Canton, et al, "Lean Combustion of Methanol-Gasoline Blends in Single Cylinder SI Engine," SAE Paper 750698
- (4) Y. Takagy and Y. Nakajima, "Characteristics

- of Fuel Economy and Output in Methanol Fueled Turbocharged SI Engine," SAE Paper 830123
- (5) J. C. Ingamells and R. H. Lindquist, "Methanol as a Motor Fuel or Gasoline Blending Component," SAE Paper 750123
- (6) J. A. Harrington and R. M. Pilot, "Combustion and Emission Characteristics of Methanol," SAE Paper 750420
- (7) Norman D. Brinkman, "Effects of Compression Ratio on Exhaust Emissions and Performance of Methanol Fueled Single Cylinder Engine," SAE Paper 770791
- (8) W. J. Most and J. P. Longwell, "Single-Cylinder Engine Evaluation of Methanol-Improved Energy Economy and Reduced NO_x," SAE Paper 750119
- (9) Holger Menrad and Wenpo Lee, "Development of a Pure Methanol Fuel Car," SAE Paper 770790
- (10) David L. Hilden and Fred B. Parks, "A Single Cylinder Engine Study of Methanol Fuel-Emphasis on Organic Emissions," SAE Paper 760378