

이 論文은 1979年度 文教部 學術研究造成費에 의하여 研究된 것임.

Alcohol-gasoline 機關의 性能과 排出物에 關한 研究

金 應 瑞* · 金 孝 經** · 劉 宰 碩***

Study on Engine Performance and Emissions using Alcohol-gasoline Blend as a Fuel

Eung Seo Kim, Hyo Kyung Kim, Jai Suk Yoo

Abstract

Experiments about engine performance using alcohol-gasoline blend as a fuel are studied. A conventional 4cycle 4cylinder gasoline engine is used. Measurements on torque, output, specific fuel consumption, and emissions are made over ignition timing and mixing ratio.

Up to vol. 15% of alcohol, torque and output using alcohol-gasoline blend are almost same with using only gasoline, and specific fuel consumption is improved about 7%. In emissions alcohol-gasoline blend is more effective than gasoline.

1. 緒 論

高價原油時代에 접어들면서 世界 各國의 에너지 政策은 脫石油의 方向으로 크게 轉換하고 있다. 石炭燃料의 自給이 可能한 國家에서는 그것의 活用으로서 methanol(CH_3OH)을, 農産物로부터의 二次의 利用이 용이한 國家에서는 ethanol(C_2H_5OH)이 代替燃料로서 檢討되고 있다.

Methanol은 이미 오래 전부터 自動車 燃料로서 考慮되었고, 實際로 gasoline이 저렴한 價格으로 豊富하게 供給되기 前에는 自動車 燃料로서 使用되었다.⁽¹⁾

現今에 이르러 methanol은 일부 사람들에 依해 石油世代之의 다음을 잇는 自動車 燃料로 評價되고 있다. 그것은 石炭과 天然 gas가 아직은 豊富하고, 또 그것으로부터의 抽出 生産技術이 確立되었으며, 價格도 同一發熱量으로 比較하여 現在의 gasoline

보다 저렴한 것으로 予想되기 때문이다.

Ethanol도 이미 2차대전 중 代用燃料로서 各國에서 널리 사용되었었다. 石油資源이 枯竭되어 가는데 대하여 ethanol은 植物로부터 每年燃料로서 生産되므로 해마다 그 量을 累積시킬 수 있어 이러한 點에서 永久한 燃料가 될 수 있다.

純粹한 methanol이나 ethanol을 보통의 gasoline 機關에 使用하는 경우 氣化潛熱이 크기 때문에 始動性, 應答性이 좋지 않고, unburned alcohol의 排出量이 많아지는 問題가 있다.

NOx, HC 및 CO 등의 排氣有害成分에 있어서 는 gasoline 이상으로 改善할 수 있으나 aldehyde의 排出은 gasoline을 使用하였을 때에 比較하여 2~3倍 增加된다는 것이 報告되어 있다.⁽²⁾

또 理論空燃比가 gasoline과 달라 보통의 gasoline 機關에 純粹한 methanol이나 ethanol을 使用하는 경우 廣範圍하게 機關을 修正하여야 한다.

* 正 會 員 : 서울大學校 工科大學
** : 서울大學校 工科大學
*** 學生會員 : 서울大學校 工科大學

한편 우리나라에서는 石炭資原의 매장량이나 農産物 栽培 面積으로 보아 純粹한 methanol이나 또는 ethanol만을 장래의 自動車 燃料로서 全面的으로 使用하기는 어렵다. 그러나 이들을 超多量으로 生産하는 國家로부터 輸入하여 gasoline과 混合하여 使用하게 될 可能性은 충분히 있다.

따라서 本研究에서는 methanol 또는 ethanol과 gasoline 混合物의 自動車用 燃料로서의 適應性を 評價하기로 하고, 기존의 4cylinder 4cycle gasoline 機關을 試驗機關으로 하여 methanol 또는 ethanol의 混合比率와 点火時期의 變化에 따르는 出力, 燃料消費率등의 機關性能과 排氣成分에 대하여 實驗적으로 살펴 보았다.

2. 實驗裝置, 燃料 및 實驗方法

2.1 實驗裝置

試驗機關은 既存의 4 cylinder 4 cycle gasoline 機關이고, 燃燒室은 半球形型이다. Cylinder

Table 1 Engine specification

Item	Specification
Maker & model	Nissan, L14
Type	Inline 4cyl. 4cycle water cooled
Piston displacement cc	1428
Combustion chamber	semi spherical
Bore × stroke mm	83×66
Compression ratio ε	9.0 : 1
Max. Torque kgm/rpm	11.8/3600
Max. Output PS/rpm	85/6000
Carburetor	Two barrel
Valve timing	
IN. open	8° BTDC
IN. close	44° ABDC
Ex. open	50° BBDC
Ex. close	10° ATDC
Ignition timing	5° BTDC

안지름이 83mm, 行程 66mm, 總行程體積은 1428cc이고, 壓縮比는 9.0 : 1이다. 기타의 諸元은 Table 1과 같다.

軸出力 및 燃料消費率의 測定에는 水冷渦電流制動型, 最大吸收馬力 100PS, 最高吸收 回轉速度 7000rpm의 動力計(日本 Tokyo Meter 製 RQ-T-GWE-85/100-C)와 附設된 燃料消費量 測定裝置를 使用하였다. 排氣gas 測定에는 日本 YANACO EIFC-1083排氣gas 分析器(CO-NDIR, HC-FID, NO-CLD)를 使用하였고, 排氣gas 採取는 Fig. 1에 나타낸 direct sampling方式을 取하였다.

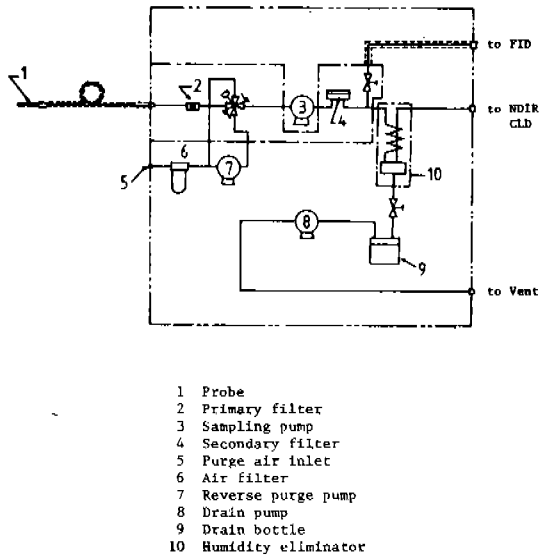


Fig. 1. Schematic diagram of vehicle emission gas analyzer

2.2 燃 料

燃料로는 methanol-gasoline 混合物인 경우, methanol의 混合比率 5% (體積比率, 以下同), 10%, 15% 및 20%의 4種을, ethanol-gasoline의 경우 ethanol의 混合比率 10% 및 20%의 2種을 各 使用 하였으며, methanol 및 ethanol은 純度 99.9%이고, gasoline의 性狀은 Table 2³⁾에 나타낸 것과 같다.

Table 2 Specification of gasoline

Description		Gasoline (premium)
Gravity	g/cc	0.76
Colour		Red
Doctor Test		Negative
Ordor		Sweet
Sulfur,	wt %	0.15(max)
Corrosion, Cu strip. 3hr, 122°F		1 (max)
Existent Gum.	mg/100ml	4.0(max)
Oxidation Stability, minutes		480(min)
Research Octane number		95.0(min)
Lead Content, TEL, gm/gal		3.17(max)
Heat of Combustion, Kcal/kg		11,000

2.3 實驗方法 및 關係計算式

機關性能에 對하여는 throttling opening 을 25%, 50% 및 75%에 各各 固定하고, 負荷率을 定해진 값으로 變動시키며, gasoline 만을 使用하였을 때와 methanol 또는 ethanol 混合燃料을 使用하였을 때에 對하여 比較 實驗하였다. 또 이 때 點火時期도 0° BTDC, 4° BTDC, 8° BTDC 및 12° BTDC로 變化시켰다.

排氣gas의 測定도 機關性能 實驗時에 並行하였으며 單位實驗時期의 2/3가 경과한 後 나머지 1/3單位 時間 계속 測定하였다.

機關動力計를 使用한 軸torque 및 出力의 測定은 다음과 같이 計算하였다.⁽⁴⁾ 動力計의 荷重을 W, 動力計의 arm의 長이를 L로 할 때 torque T는

$$T = WL \dots\dots\dots(1)$$

로 計算되고, 이 때의 出力 P는

$$P = \frac{2\pi TN}{75 \times 60} \dots\dots\dots(2)$$

로 表示된다. 여기서 N은 機關 回轉速度를 나타낸다. 測定된 値을 標準狀態(大氣壓760mmHg, 溫度20°C, 濕度65%)에서의 値으로 바꾸기 위하여

$$k = \frac{749}{P_a - \phi P_s} \sqrt{\frac{273 + \theta}{293}} \dots\dots\dots(3)$$

의 修正係數를 使用되었다. 여기서 P_a, P_s 는 각각 大氣壓과 溫度 θ 에서의 포화 蒸氣壓을 表示하며, ϕ 는 相對濕度를 나타낸다. 標準狀態에서의 torque T_0 및 出力 P_0 는

$$\left. \begin{aligned} T_0 &= kT \\ P_0 &= kP \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

가 된다.

한편 燃料消費率 G는

$$G = \frac{b\gamma}{tP_0} \dots\dots\dots(5)$$

로 表示된다. 여기서 b는 測定時間內的 燃料消費量을, γ 는 燃料의 比重量, t는 時間을 나타낸다. 또 無次元의 軸 torque를 混合燃料 使用時의 torque와 gasoline 燃料을 使用하였을 때의 torque의 比로써

$$T_0^* = T_0 / T_{0g} \dots\dots\dots(6)$$

으로 정의하여 나타내었다.

3. 實驗結果 및 檢討

(1) 出力

Fig. 2 - Fig. 4는 5% methanol의 燃料를 使用하고, throttling opening 別(25%, 50% 및 75%)로 回轉速度 및 點火時期를 變化시켜 얻은 軸torque T_0 의 값을 나타낸 것이고, Fig. 5는 methanol 10%, Fig. 6은 methanol 15%, Fig. 7은 methanol 20%의 경우를 各各 나타낸 것이다.

또 Fig. 8은 ethanol 10%, Fig. 9는 ethanol 20%의 것을 使用하였을 때의 軸torque T_0 를 나타낸다. 以上の 各 Fig의 檢討에서 點火時期 12° BTDC 일때의 軸torque T_0 의 값이 가장 바람직함을 알 수 있다.

Fig. 10 - Fig. 12는 點火時期를 12° BTDC로 하고 throttling opening 別로 gasoline 만을 使用하였을 때의 軸torque T_{0g} 와 混合燃料을 使用하였을 때의 軸torque T_0 를 比較한 것이고, Fig. 13 - Fig. 15는 Fig. 10 - Fig. 12의 T_0 를 無次元化하여 T_0^* 로서 표시한 것이다.

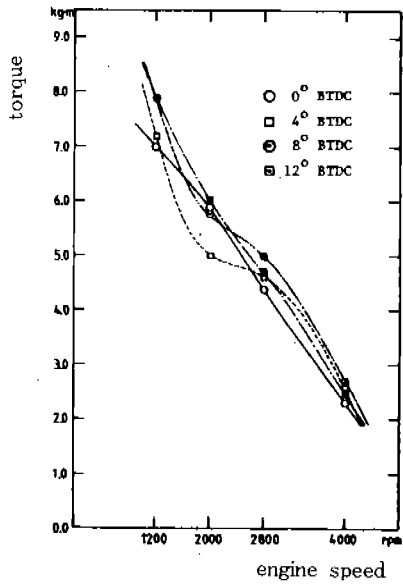


Fig. 2. Torque vs. engine speed using methanol 5% - gasoline 95% blend at throttling opening 25%

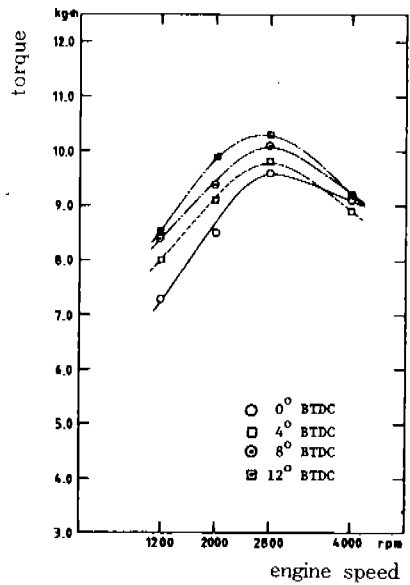


Fig. 4. Torque vs. engine speed using methanol 5% - gasoline 95% blend at throttling opening 75%

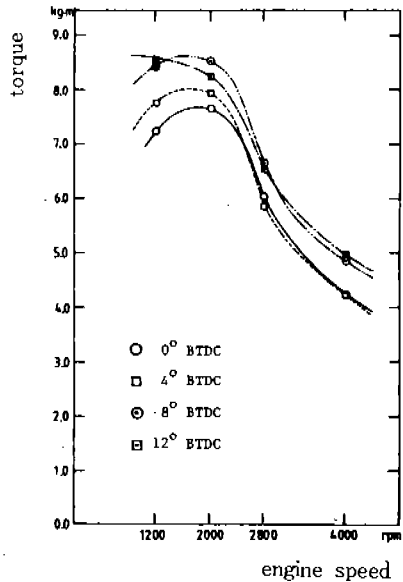


Fig. 3. Torque vs. engine speed using methanol 5% - gasoline 95% blend at throttling opening 50%

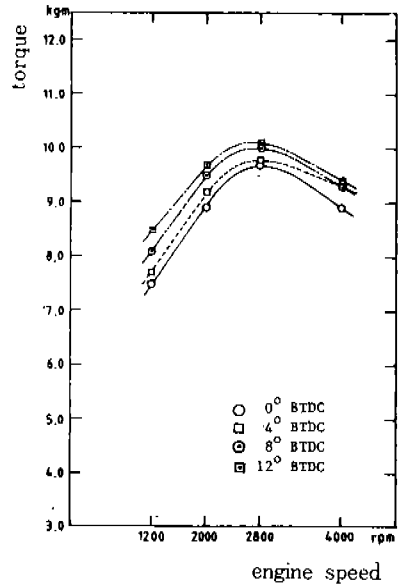


Fig. 5. Torque vs. engine speed using methanol 10% - gasoline 90% blend at throttling opening 75%.

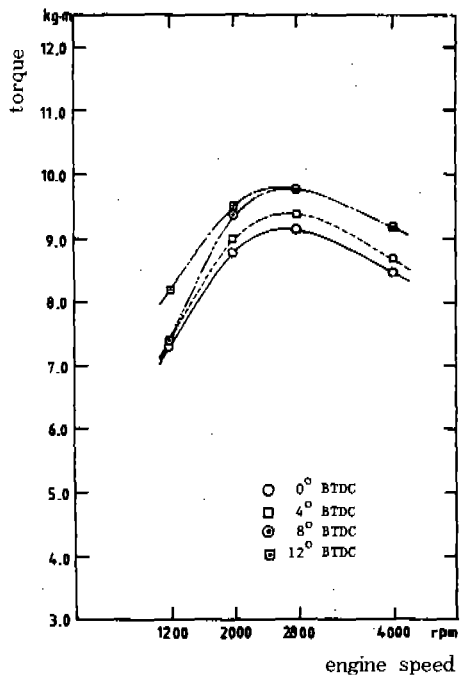


Fig. 6. Torque vs. engine speed using methanol 15% - gasoline 85% blend at throttling opening 75%.

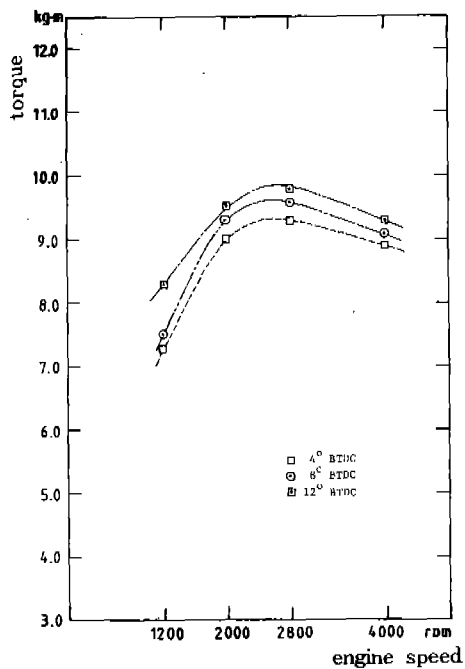


Fig. 8. Torque vs. engine speed using ethanol 10% - gasoline 90% blend at throttling opening 75%.

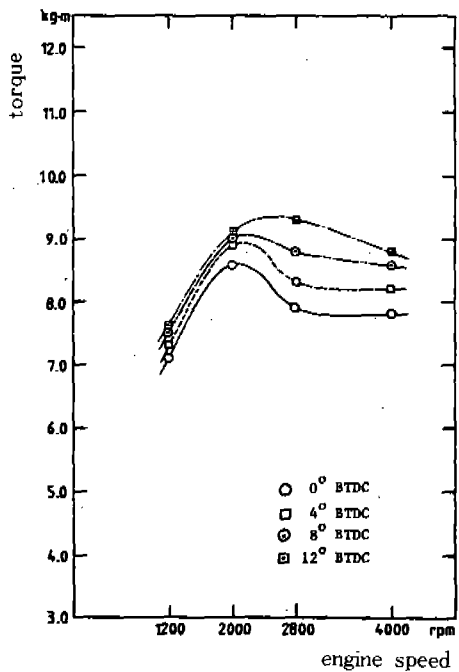


Fig. 7. Torque vs. engine speed using methanol 20% - gasoline 80% blend at throttling opening 75%.

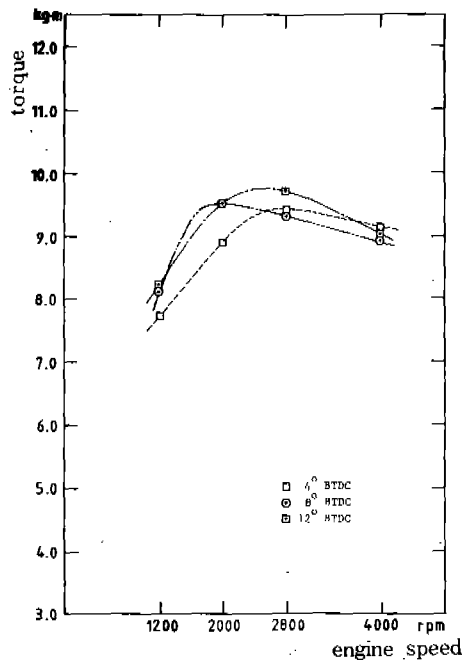


Fig. 9. Torque vs. engine speed using ethanol 20% - gasoline 80% blend at throttling opening 75%.

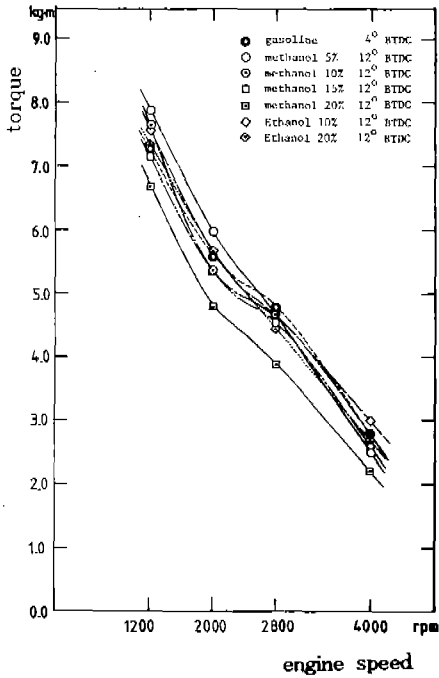


Fig. 10. Torque vs. engine speed at throttling opening 25% .

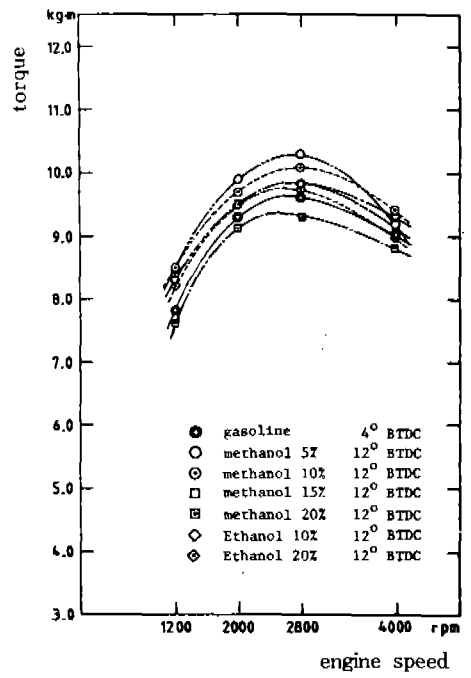


Fig. 12. Torque vs. engine speed at throttling opening 75% .

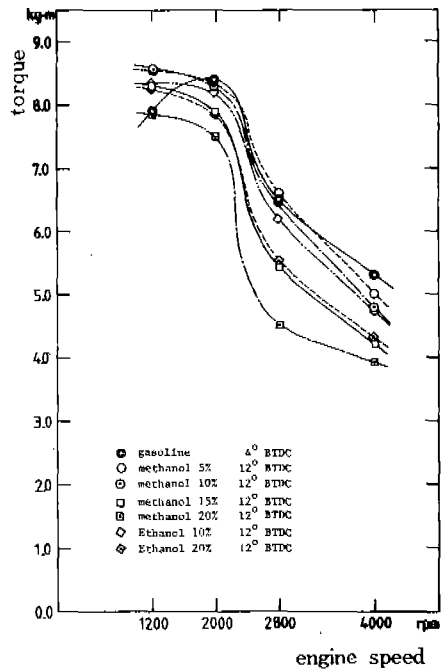


Fig. 11. Torque vs. engine speed at throttling opening 50% .

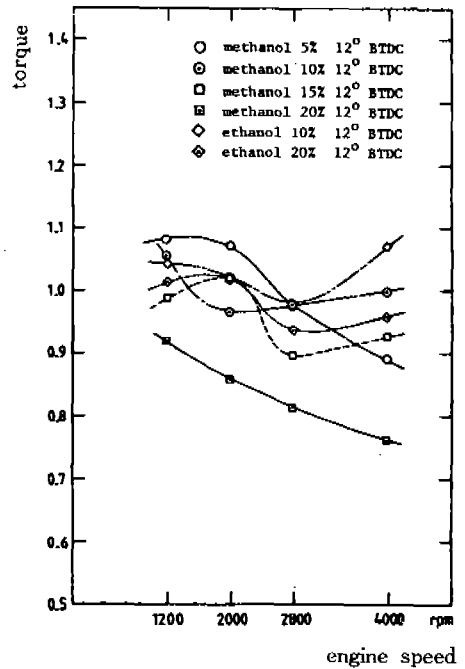


Fig. 13. Dimensionless torque vs. engine speed at throttling opening 25% .

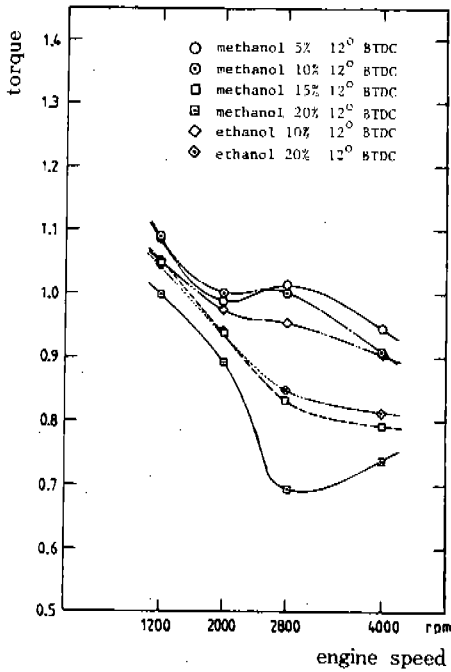


Fig. 14. Dimensionless torque vs. engine speed at throttling opening 50%.

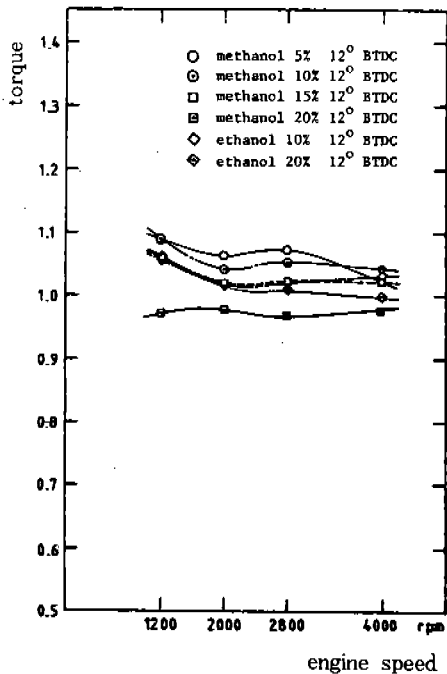


Fig. 15. Dimensionless torque vs. engine speed at throttling opening 75%.

点火時期 12° BTDC 에서의 軸torque의 增加率은 다음과 같다. 即 methanol 5%인 경우 平均 2.6%, methanol 10%인 경우 平均 1.9%의 增加率을 보였고, methanol 15% 및 20%인 경우에는 各各 平均 3.6%, 11.7%의 減少를 보였다.

또 ethanol은 混合率 10%인 경우 平均 1.1%의 增加를 보이고 있고, ethanol 20%인 경우에는 平均 2.8% 減少되고 있다.

Throttling opening 75%에서는 methanol 20%의 경우를 除外하고는 모두 增加를 나타내어 alcohol-gasoline 混合燃料가 wide throttling 운전에서 有利함을 보여주고 있다.

한편 点火時期 8° BTDC 에서는, methanol 5%인 경우에만 平均 2.2%의 增加를 나타내고, methanol 10%, 15%, 20%인 경우는 各各 平均 3.0%, 4.8%, 20.0%의 減少를 나타내고 있다. 또 ethanol 10%, 20%인 경우에도 各各 1.9% 및 5.8%의 減少를 보이고 있다.

Fig. 16 - Fig. 18은 燃料別 燃料消費率, throttling opening 및 回轉速度의 關係를 나타낸 것이다. 燃料消費率은 methanol 5% 및 10%인 경우 모두 平均 10.3%의 減少를 보이고, methanol 15% 및 20%에서는 各各 平均 15.0% 및 9.7%의 減少를 보이고 있다.

한편 ethanol은 10% 混合인 경우 平均 4.2% 減少되고, 20%인 경우에는 平均 1.2%의 增加를 나타내고 있다.

(2) 排氣成分

Fig. 19 ~ Fig. 21은 排氣成分 測定結果中에서 바람직한 것만을 選定하여 나타낸 것이고, Table 3은 methanol 또는 ethanol의 混合比率別 實驗 結果中에서 良好한 것을 4° BTDC 에서의 gasoline使用時의 排氣成分과 比較하여 나타낸 것이다.

Table 3에 따르면 20% methanol, 8° BTDC에서 CO 65.5%, THC 20.7%, NO 62.0%의 減少를 보여 CO 및 NO에 있어서는 가장 바람직하나, 軸torque가 20% 減少되고 있다. 10% ethanol, 12° BTDC에서는 CO 42.1%, THC 25.2%, NO 21.8%가 各各 減少되어 平均水準을 보이고 있고, 또 軸torque도 平均 1.1%의 增加를 나타내고 있다.

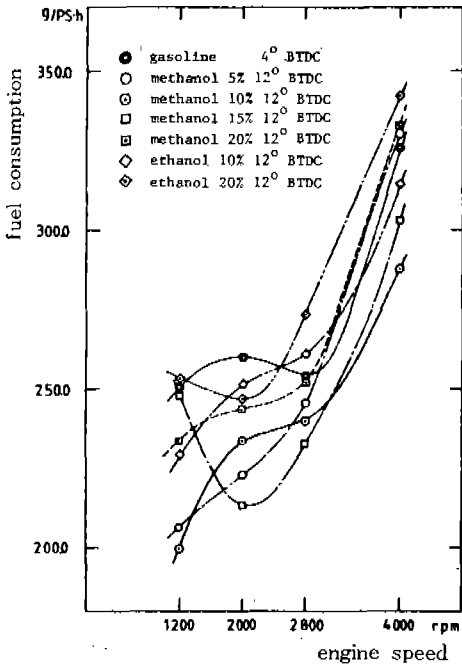


Fig. 16. Specific fuel consumption vs. engine speed at throttling opening 25%.

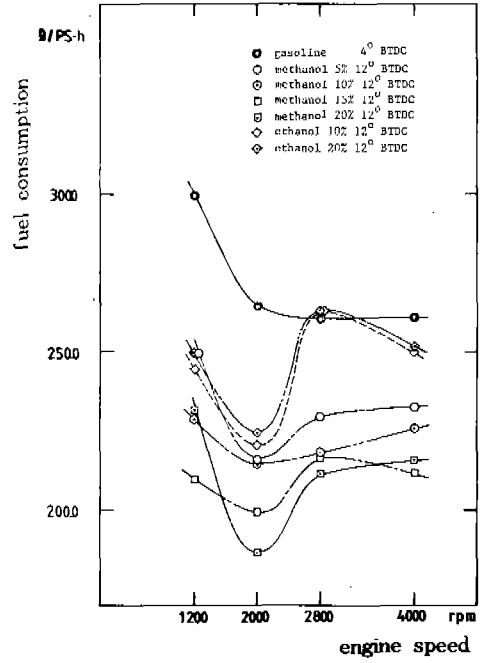


Fig. 18. Specific fuel consumption vs. engine speed at throttling opening 75%.

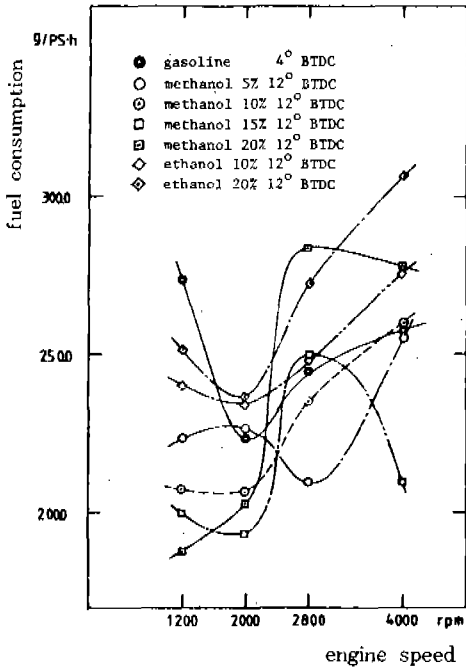


Fig. 17. Specific fuel consumption vs. engine speed at throttling opening 50%.

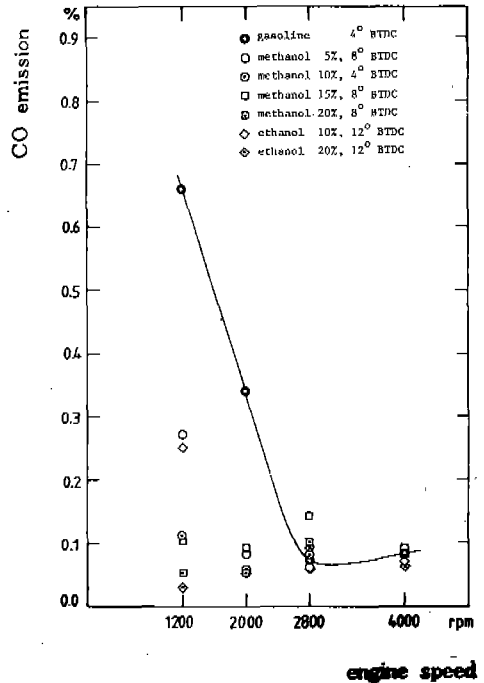


Fig. 19. CO emission vs. engine speed at throttling opening 25%.

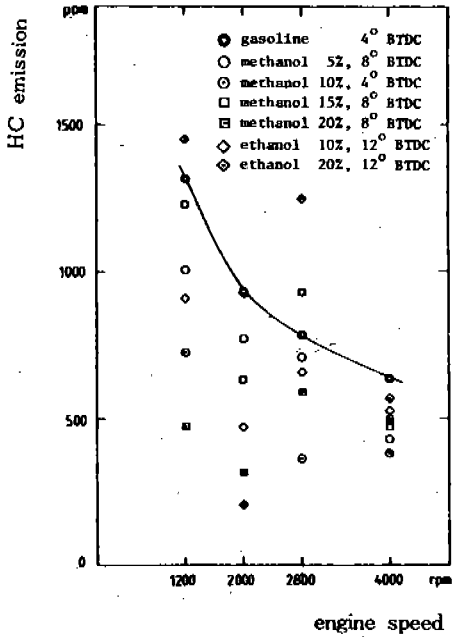


Fig. 20. HC emission vs. engine speed at throttling opening 25%.

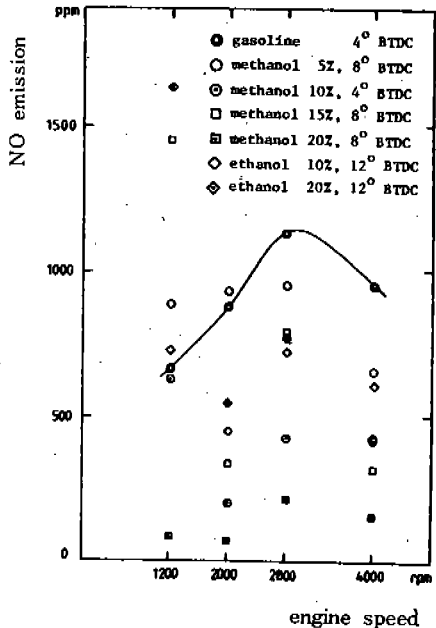


Fig. 21. NO emission vs. engine speed at throttling opening 25%.

Table 3. Variations of emissions.

Fuel	Emissions	CO(%)	THC(%)	NO(%)
Methanol 5%, 8° BTDC		-28.7	-15.4	-1.5
Methanol 10%, 4° BTDC		-51.0	-47.7	-39.4
Methanol 15%, 8° BTDC		-14.4	+23.3	+18.3
Methanol 20%, 8° BTDC		-65.5	-20.7	-62.0
Ethanol 10%, 12° BTDC		-42.0	-25.2	-21.8
Ethanol 20%, 12° BTDC		-19.7	-41.5	-33.8

以上の内容を 종합하면 다음과 같다.

(1) Methanol-gasoline 混合燃料를 使用하였을 때의 軸torque 는 gasoline 만을 使用하였을 때에 比하여 methanol 5%인 경우 平均 2.6%, 10%인 경우 平均 1.9% 增加되고, methanol 15% 및 20% 에서는 各各 平均 3.6% 및 11.7% 減少된다. 即 methanol vol.10%까지의 混合燃料는 gasoline만을 使用하였을 때의 出力水準을 上廻한다.

(2) Methanol-gasoline 混合燃料를 使用하였을 때의 点火時期와 軸torque 의 關係에 있어서는 点火時期를 12° BTDC 로 設定하였을 때의 값이 平均의 으 最 良好하다.

(3) Ethanol-gasoline 混合燃料에서의 軸torque 는, 点火時期 12° BTDC 에서 ethanol 10%인 경우 平均 1.1% 增加되고, ethanol 20%에서는 平均 2.8% 減少되고 있다. 混合比率와 軸torque 의 增減率에 있어 methanol 의 경우와 거의 同一하다.

(4) Methanol 또는 ethanol 混合燃料는 wide throttling 運転에서 더 効果的이다.

(5) 燃料消費率은 alcohol 混合比率 20% 까지는 全体的으로 보아 gasoline 만을 使用하였을 때에 比하여 7%程度 向上된다.

(6) 排氣問題를 考慮한 最適의 点火時期는 methanol-gasoline 混合燃料인 경우 標準의 時期인 8°

BTDC 부근이 되고, ethanol-gasoline 混合燃料인 경우에는 12° BTDC 부근이 된다.

4. 結 論

Alcohol-gasoline 混合燃料를 기존의 4cycle 4 cylinder 가솔린機関에 使用하였을 때의 機関性能 및 排氣成分 關係는 다음과 같다.

Methanol-gasoline 混合燃料를 使用하였을 때 機関出力은 12° BTDC 부근에서 最大를 나타내고, 有害排氣成分은 8° BTDC 부근에서 最小를 나타낸다. ethanol-gasoline 混合燃料에서는 出力 및 排氣成分이 12° BTDC 부근에서 가장 良好하다. 따라서 alcohol-gasoline 混合燃料는 点火時期 設定에 신중을 期하면 그 混合比率 15%까지는 기존의 가솔린機関에 어떠한 附加設備를 하지 않고서도 使用될 수 있고, 機関出力의 向上과 排氣가스 対策에 있어서도 効果的이다.

參 考 文 獻

- (1) Eric. E. Wigg and Robert S. Lunt, Methanol as a Gasoline Extender-Fuel Economy, Emissions and High Temperature Driveability. SAE paper 741008
- (2) David L. Hilden and Fred B. Parks, A Single-cylinder Engine Study of Methanol Fuel.- Emphasis on Organic Emissions. SAE paper 760378
- (3)李文得外, 自動車 排出가스 許容限度 및 檢査 方法, 文教部, pp. 48-49, 1978
- (4) KSB 9102 자동차용 수냉 가솔린 기관 성능시험 방법
- (5) D. W. Hughes and J. R. Goulburn, Economy with Reduced Exhaust Emission - A Simple Technique. SAE paper 740140
- (6) J. C. Ingamells and R. H. Lindquist, Methanol as a Motor Fuel or a Gasoline Blending Component. SAE paper 750123
- (7) J. A. Harrington and R. H. Pilot, Combustion and Emission Characteristics of Methanol. SAE paper 750420
- (8) David L. Hagen, Methanol as a Fuel: A Review with Bibliography. SAE paper 770792