

가솔린 엔진용 代替燃料의 妥當性에 關한 研究 (VI)

A Study on the Propriety of Substitute Fuel of Gasoline Engine (VI)

柳 正 人* 梁 玉 龍**
Jeong In Ryu · Ok Yong Yang

ABSTRACT

This study consists of instrumenting and running tests on variable compression engines and measuring the following combustion characteristics: (a) flame speed, (b) emission and (c) performance parameter such as power and economy.

The results were as follows:

- 1) The phase separation diagram of substitute fuels were obtained from phase separation experiment.
- 2) The flame propagation speed of substitute fuels were higher than gasoline and increased with increasing methanol weight percent of substitute fuels.
- 3) BMEP of substitute fuels was slightly less than that of gasoline but in the range of small weight percent, BMEP was compatible to gasoline.
- 4) Concentration of NO_x decreased significantly with delaying spark advancing time. Also, it decreased for rich equivalence ratio but increased with high compression ratio. In general, NO_x concentration was much lower than that of gasoline.
- 5) Concentration of HC and CO increased for rich equivalence ratio. Also it was lower than that of gasoline.

1. 序 論

1970年代에 두차례에 걸친 世界的인 油類波動과 未來의 原油枯渴을 염려하여 世界各國은 油類使用을 抑制하는 趨勢와 世界的으로 대두되는 大氣汚染中 自動車 排出有害가스를 억제하려고 努力하고 있는 이즈음, 原油枯渴에 따른 代替燃料을 開發하고자 노력하고 있

다. 이러한 代替燃料로는 알코올, 에테르 등과 같은 含酸素化合物이 있으나¹⁾ 筆者는 既發表^{2,3,4,5,6)}에서 가솔린에 메타놀을 混合하여 만든 가소홀을 가솔린기관의 燃料로 代替하여 CO, HC의 低減效果, 始動性, 加速性의 向上, 高壓縮比에서 큰 性能向上을 얻었음을 보고한 바 있다.

本 研究에서는 이를 토대로 가솔린에 메타

* 正會員, 忠南大學校 工科大学

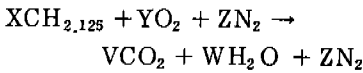
** 正會員, 仁荷大學校 工科大学

늘을 혼합하는 경우, 성분間 相互溶解가 불충분하기 때문에 相分離의 問題가 일어나는 狀態圖를 찾고, 代替燃料로서의 物性を 分析하고 各燃料의 燃燒特性 즉, 火焰傳播速度, 出力, 排氣 가스 特性 등을 참고자 한다.

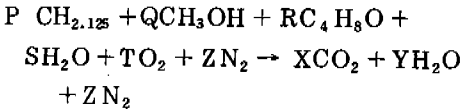
2. 理 論

2.1 理論 燃燒方程式

2.1.1 가솔린의 경우



2.1.2 代替燃料의 경우



2.2 燃燒域의 質量과 體積關係

$$VB(\theta) = \frac{V_i''}{V_i} = \frac{\frac{V_{ii}(P_{ii})^{1/n}}{V_i(P_i)^{1/n}} - 1}{\frac{V_{if}(P_{if})^{1/n}}{V_i(P_i)^{1/n}} - 1}$$

$$MB(\theta) = 1 - \left(\frac{V_i - V_i''}{V_{ii}} \right) \left(\frac{P_i}{P_{ii}} \right)^{1/n}$$

여기서, $VB(\theta)$: 어느 크랭크 角度에서 燃料體積比率

$MB(\theta)$: 어느 크랭크 角度에서 燃燒質量比率

P_i & V_i : 어느 크랭크 角度에서 壓力과 體積

P_{ii} & V_{ii} : 點火에서 壓力과 體積

P_{if} & V_{if} : 燃燒 끝에 壓力과 體積

2.3 Ionization gap probe의 火焰傳播速度

$$V = K (\gamma_{ei} / dt_i)$$

V : 火焰傳播速度

γ_{ei} : 火焰到着距離

dt_i : 火焰到着時間

3. 實驗 裝置 및 方法

Fig. 1은 本 研究에 使用된 實驗裝置의 概略圖이다.

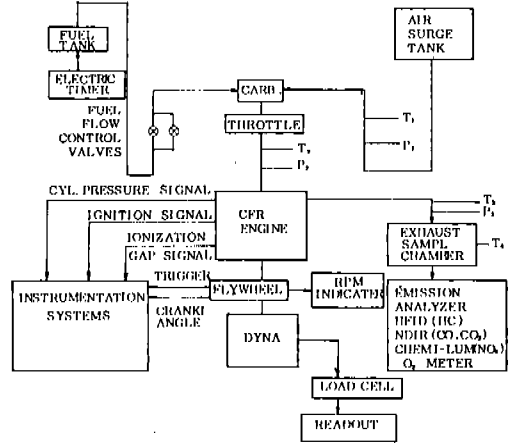


Fig. 1. Test cell installation and instrumentation.

3.1.1 實驗 機關

實驗에 使用된 機關한 英國 PLINT 社가 製作한 單氣筒 4行程機關으로서, 壓縮比가 4 ~ 10으로 可變되며 點火時期는 BTDC 32°에서 ATDC 10°로 가변할 수 있는 機關이고 그 諸元은 Table 1과 같다. 機關負荷와 回轉數는 各各 Load cell과 電氣 動力計의 자석 픽업에서 디지털로 카운터에 나타난다. 制動 燃料消費率, 制動平均有效壓力, 火焰傳播速度 등은 Fig. 1에서 感知, 測定된 값으로 計算하는 컴퓨터 프로그램이 利用되었다.

Table. 1. Engine Specification.

Piston displacement [cc]	468	Bore x stroke [mm]	85x82.5
Compression ratio	4 ~ 10	Ignition timing	32° BTDC ~ 10° ATDC

3.1.2 실린더 압력 트랜스듀서

실린더 압력 트랜스듀서는 실린더헤드에 設

置되고 트랜스듀서는 火焰面으로부터 나타나는 熱應力으로부터 보호하도록 冷却水를 순환 시킨다. 실린더 압력 트랜스듀서는 感知된 壓力을 電子指示計의 오실로스코프에 影像化 한다. 이 影像화된 PV線圖 및 Pθ線圖를 VTR에 錄化한다.

3.1.3 排氣有害가스 測定裝置

HC 및 CO는 HORIBA 非分散 赤外線 分析器, NO_x는 HORIBA CLD 分析器로 연속 측정하였다.

3.1.4 火焰傳播時間 測定裝置

가솔린 機關에서는 매사이클간 火焰到着時間의 편차를 줄이기 위하여 火焰傳播速度값을 累計하는 統計的 分析過程表를 開發, 使用하였다. 이 分析過程表는 火焰傳播速度를 計算하는 컴퓨터 프로그램 속에 入力하여 各各의 Ionization gap probe 位置에 대하여 250회 火焰到着時間이 記錄된다.

3.1.5 火焰到着時間 測定裝置

火焰到着時間 測定裝置의 概略圖는 Fig. 2와 같다. 이온화 갭 프로브는 Fig. 3과 Fig. 4에서의 같이 실린더헤드 슬리브와 피스톤헤드에 設置하고, 피스톤헤드의 이온화 갭 프로브 회로는 커넥팅로드의 컨택터를 거쳐 크

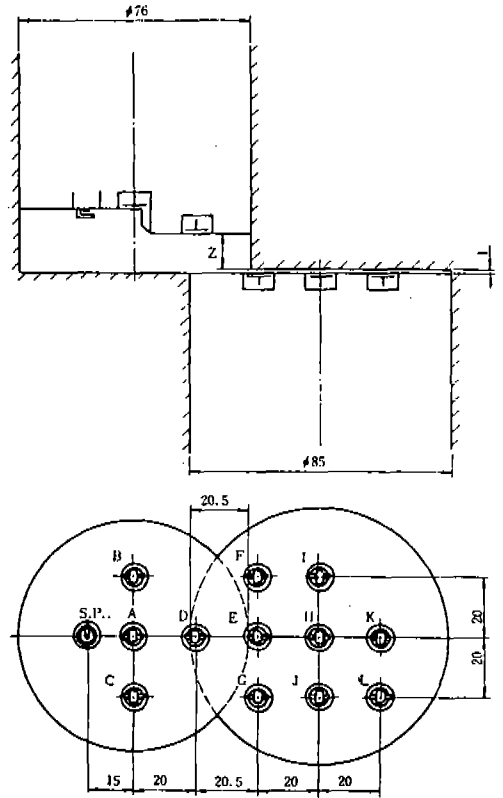


Fig.3. Probe locations in combustion chamber.

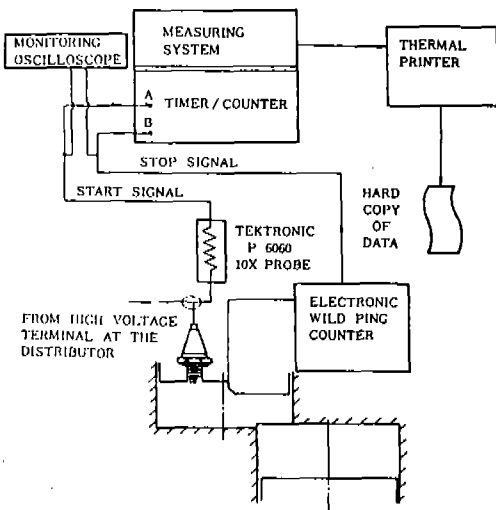


Fig.2. Flame arrival time measurement system.

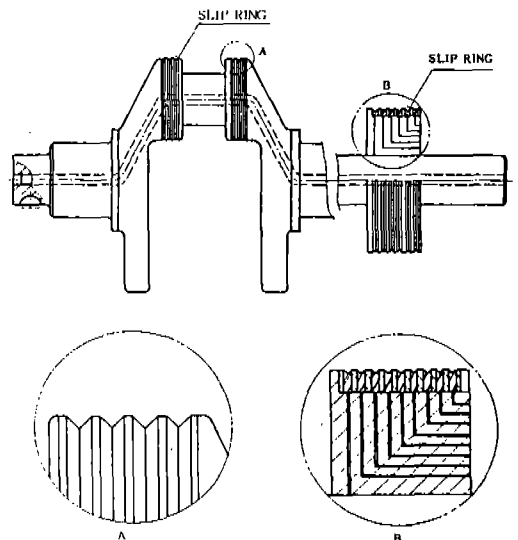


Fig.4. Crankshaft and contact slip ring circuit.

랭크축의 슬립링과 크랭크축의 中心部를 지나 컨택터에서 컴퓨터 感知裝置로 연결되었다. 火焰傳播速度的 計算은 피스톤 移動距離에 따른 體積變化 때문에 일어나는 것을 고려하고, 機關의 壓縮比 變化를 가하였다.

點火 플러그로부터 高電壓 시그널이 始作 시그널로 공급되고, 이온화 갭 프로브 시그널은 火焰이 各各의 이온화 갭 프로브에 到達하면 電子 와이드 핑카운터 회로에 가장 큰 電流值가 나타나면서 停止 시그널이 作動된다. 測定裝置는 始動과 停止 시그널 사이에 Timer/counter 時間差가 나타난다. 이 時間差가 點화 플러그로부터 이온화 갭 프로브로 到着하는 時間이다.

3.2 實驗 條件

本 實驗의 條件은 다음과 같다.

1) 本 實驗用 燃料은 國內 A精油會社製品 보통 가솔린과 代替燃料 5種을 使用하였으며, 이들의 物性值는 Table 2와 같다.

2) 本 實驗에서 點火時期는 20° BTDC 에서 Wide open throttle 條件으로 壓縮比 6, 8, 10, 當量比 0.8, 1.0, 1.2, 機關回轉數 800 rpm, 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm 에서 各各 試驗하였다.

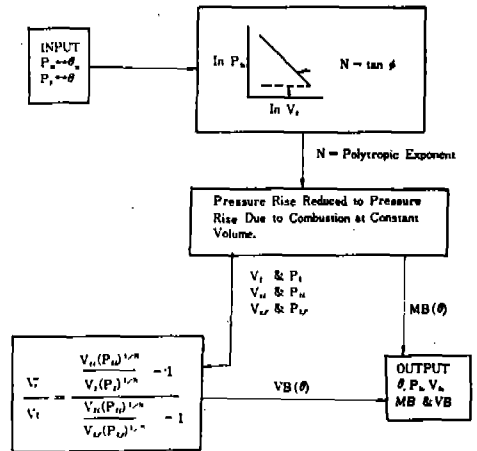
Table.2. Properties of gasoline and substitute fuels.

	RC90/M5 /THF5 (SB1)	RC80/ M5/ THF 15 (SB2)	RC70/ M13 THF 17 (SB3)	RC60/ M21 THF 19 (SB4)	RC50/M 31/THF 19/W1 (SB5)
Mole ratio (Formula)	CH _{2.255} O _{0.0133} (C ₈ H _{11.8} O _{0.11})	CH _{2.241} O _{0.028} (C ₈ H _{11.9} O _{0.22})	CH _{2.262} O _{0.067} (C ₈ H _{12.1} O _{0.37})	CH _{2.288} O _{0.099} (C ₈ H _{12.3} O _{0.54})	CH _{2.275} O _{0.108} (C ₈ H ₁₂ O _{0.52})
Molecular weight	107.8	103.6	96.2	88.8	77.2
Specific gravity (15°C)	0.737	0.744	0.751	0.760	0.770
Stoichiometric AFratio	14.7	14.0	13.6	13.1	12.7
Calorific value (Kcal/kg)	9400	8900	8200	7825	7133

4. 結果 및 檢討

4.1 燃燒質量과 體積關係

一定體積에서 연소된 質量과 體積比率 때문에 壓力上昇이 일어나는 性質을 이용한 Ra-ssweiler와 Withrow 方式⁷⁾을 Fig.5에서와 같이 컴퓨터 프로그램으로 製作하고 크랭크 角度別 燃燒室 體積과 壓力을 計算하였다.



- P₁ = Unburnt Gas Pressure During the Compression Stroke
- V₁ = Burnt Volume
- P₂ & V₂ = Pressure and Volume at a Particular Crankangle
- P_u & V_u = Pressure and Volume at Ignition
- P_c & V_c = Pressure and Volume at the End of Combustion
- θ₁ & θ₂ = Crankangles Corresponding to P₁ and P₂ Respectively
- MB (θ) = % Mass Burned at a Particular Crankangle
- VB (θ) = % Volume Burned at a Particular Crankangle

Fig.5. Flow chart of the computer Program used to computer percent mass burned and percent volume burned.

연소에 앞서 10° 크랭크 角度마다 未燃燒 가스의 폴리트로피 指數를 결정하였고 연소중 안 크랭크 角度의 變化에 따른 質量과 體積이 Fig. 6과 같이 나타났다. 이 그림에서 燃燒質量과 體積比는 代替燃料 SB2가 가장 크고 다음으로 SB4, SB5, SB1, SB3 및 가솔린 순으로 減小되고 있다.

4.2 代替燃料의 相分離

本 研究에서 實驗, 製造한 代替燃料의 相分離 狀態圖는 Fig. 7과 같다. 이 그림은 -20°C의 저온, 760 mmHg 大氣條件에서 물 1g을 첨가한 경우로서, 相分離가 일어나지 않는

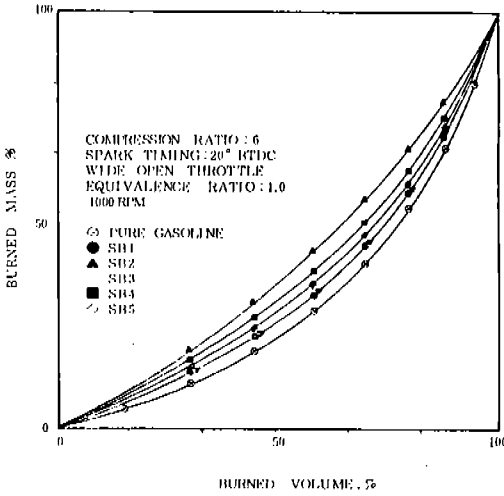


Fig. 6. Plot of percent volume burned and percent mass burned of gasoline and SB series.

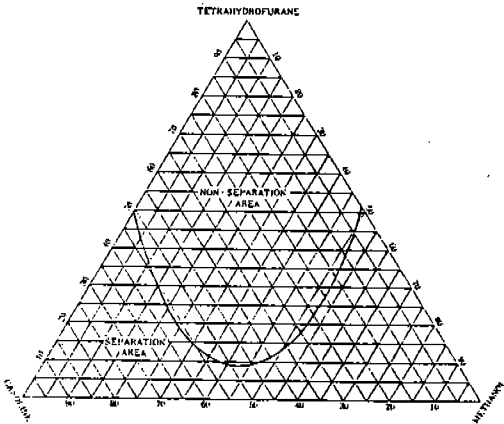


Fig. 7. Solubility diagrams of gasoline-methanol-tetrahydrofuran.

區域을 찾았다. 本 研究에서 選擇한 代替燃料은 最少 가솔린 함유량에 最大 메타놀 중량비를 混合하여 相分離가 일어나지 않는 범위의 연료를 5종 선택하였다.

4.3 機關 性能

4.3.1 制動燃料消費率

Fig. 8은 制動燃料消費率과 當量比의 關係를 圖示한 것이다. 最小制動燃料消費率은 가

솔린은 물론 代替燃料에서도 稀薄側에서 일어났다. 制動燃料消費率은 代替燃料에서는 메타놀의 중량비가 增加할수록 增加한다. 이와 같은 結果는 메타놀의 低熱鼠價에 起因한다.

4.3.2 火焰傳播速度

Fig. 9는 火焰傳播速度와 當量比의 關係이다. 이 그림은 12個의 이온화 갭 프로브중 1個(K 점)에 대한 火焰傳播速度를 比較한 1例를 圖示한 것이다. 火焰傳播速度는 供試 代替燃料에 있어서 當量比가 빨라지고 있다.

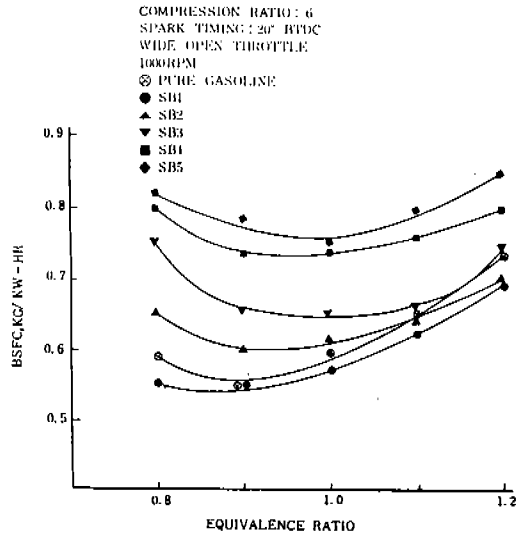


Fig. 8. Effect of methanol blends on brake specific fuel consumption.

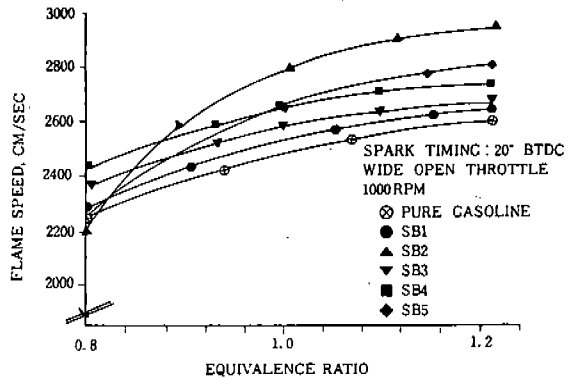


Fig. 9. Effect of gasoline and SB series on flame speed (at K position).

當量비가 0.8 ϕ 1.2 범위에서는 가장 빠른火焰傳播速度가 SB2 燃料이다. 그 理由는 SB2 燃料가 揮發性이 양호하여 蒸溜試驗溫度가 비교적 낮은데 起因한다.

4.3.3 制動 平均有效壓力

Fig. 10은 制動 平均有效壓력과 當量比의 關係를 圖示한 것이다. 制動 平均有效壓力은 가솔린을 포함한 各種 代替燃料는 當量比가 增加할 수록 그 값이 增加하고 있다. 주어진 當量比에서 代替燃料는 메타놀의 중량비가 增加하면 燃料의 熱量價가 낮아지므로 制動 平均有效壓力은 減少하고 있다.

4.3.4 NO_x 放出

Fig. 11은 가솔린을 燃料로 사용하여 機關 回轉數를 1000 rpm 으로 固定한 運轉條件에서 壓縮比와 當量比의 變化에 따른 NO_x 放出量과의 關係를 圖示한 것이다. 이 그림은 各 點火時期에서 當量比의 變化에 따른 가솔린의 NO_x 放出量을 나타내며, 壓縮比 6의 경우, NO_x 값의 最大値는 點火時期가 빨라지면 當量比가 理論混合比보다 낮은 稀薄混合比 쪽에서 나타나고, 주어진 當量比에서는 點火時期가 進角되면 NO_x 量은 增加한다.

이것은 燃燒生成物의 高溫滯留期間이 길어 지는데 있다고 생각된다. 또 同一한 當量比에서 壓縮比가 增加하면 NO_x 放出量은 급격히 增加하는 傾向이다.

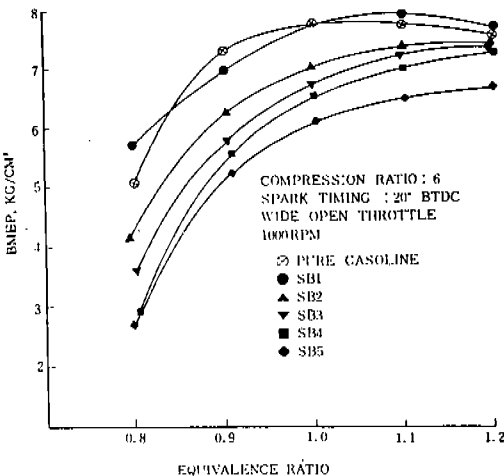


Fig.10. Effect of methanol blends on BMEP

Fig.12는 代替燃料 SB1의 NO_x 放出量과 當量比와의 關係를 壓縮比와 點火時期를 變數로 하여 圖示한 것이며, NO_x 放出量은 壓縮比가 增加하고, 點火時期가 빨라짐에 따라 增加하지만 가솔린의 경우보다 낮다.

Fig.13은 代替燃料 SB5의 경우로서, 當量比가 1.0 이하의 경우에는 NO_x 量은 壓縮比가 增加하고, 點火時期가 빨라짐에 따라 絶對量이 높은 값을 보이나, 當量比가 1.0 부근까지는 NO_x 量이 급격히 減少하여 當量比 1.0 이상에서는 壓縮比와 點火時期에 無關하다.

SB5의 NO_x 放出量이 낮은 것은 이 代替燃料 속에 물 1g이 첨가되었으므로 물의 氣化 潛熱에 기인한 燃燒溫度의 低下로 NO_x 量의 低減要因이 된다.

4.3.5 CO 放出

Fig. 14는 壓縮比 6, 點火時期 20° BTDC의 경우, 가솔린과 各種 代替燃料에 있어서의 CO 放出量은 燃料의 종류에 無關하나, 當量比가 增加하면 增加한다. 그 變化幅은 當量比가 커짐에 따라 매우 顯著하다. CO 放出量은 메타놀 中量비가 增加하면 減少하는 傾向이다.

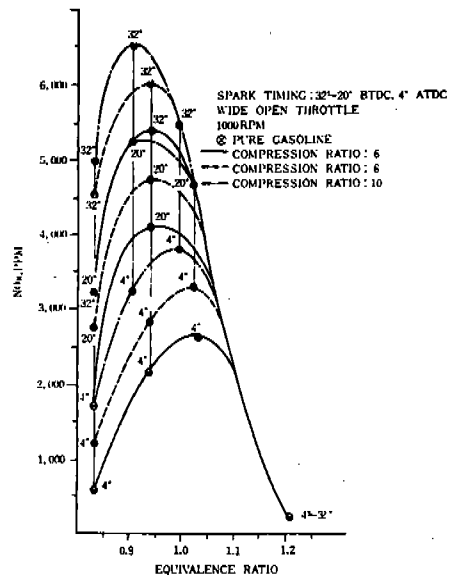


Fig.11. Variation of NO_x emissions with equivalence ratio and spark timing for gasoline.

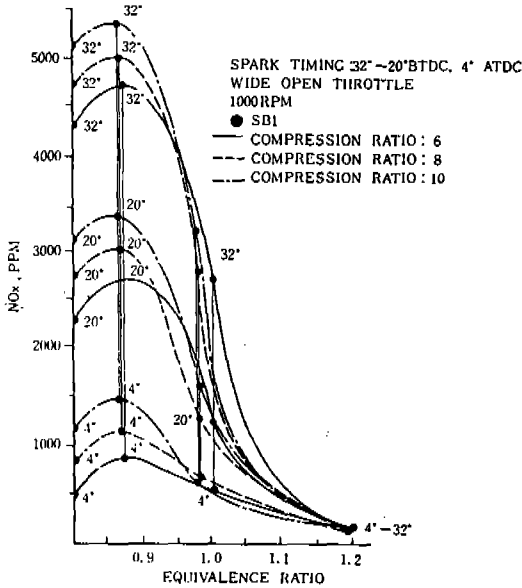


Fig. 12. Variation of NO_x emissions with equivalence ratio and spark timing for SB1.

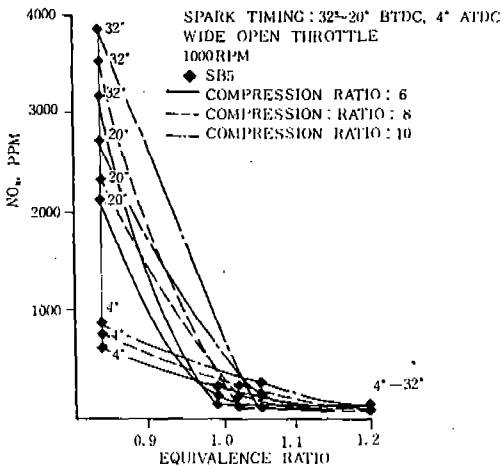


Fig. 13. Variation of NO_x emissions with equivalence ratio and spark timing for SB5.

4.3.6 HC 放出

Fig. 15는 가솔린과 各種 代替燃料에 있어서의 HC 放出量變化를 나타내며, HC 放出量은 共히 當量比가 稀薄側에서는 비교적 높으나, 當量比가 增加하면 減少하다 理論混合比를 지나

서는, 漸次的으로 增加한다. 또 주어진 當量比에서 HC 放出量은 메타놀 當量比가 增加하면 減少한다.

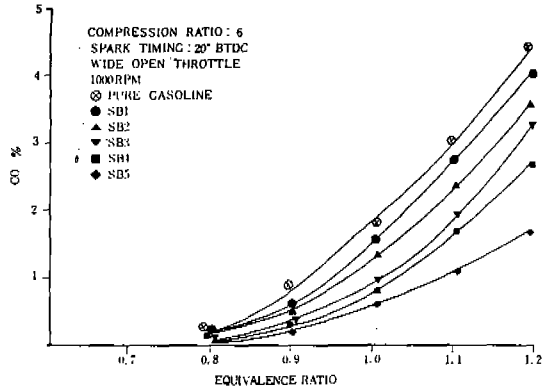


Fig. 14. Effect of methanol blends on carbon monoxide emissions

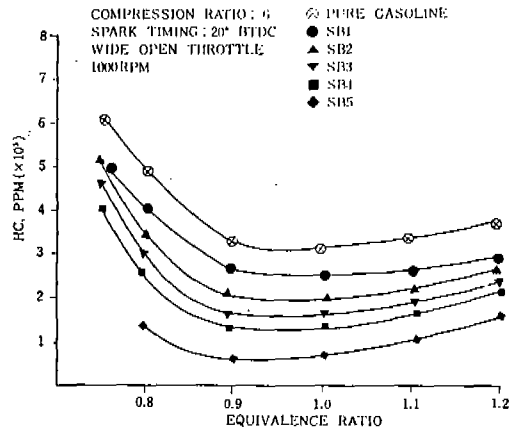


Fig. 15. Effect of methanol blends on unburned hydrocarbon emissions

5. 結 論

가솔린·메타놀系 代替燃料가 종래에 사용하고 있는 가솔린과 같이 기존 가솔린機關의 연료로서 妥當한가를 分析하기 위하여 相分離實驗, 蒸溜試驗, 發熱量 및 化學分析實驗 등을 實施하였다. 또한 機關性能實驗에서 火焰傳播速度, 制動 平均有效壓力 및 制動燃料消費率

등을 比較, 測定하였고, 燃燒에 따른 排氣가스의 有害成分으로서 NO_x , CO 및 HC 放出량을 當量比, 壓縮比 등의 機關運轉條件에 따라 比較, 檢討하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 가솔린-메타놀-테트라하이드로퓨럴系 代替燃料의 相分離狀態圖를 얻었다.

2) 代替燃料의 火焰傳播速度가 가솔린의 경우에 비하여 메타놀 重量比와 壓縮比가 增加할수록 增加한다.

3) 制動平均有效壓力은 기존 가솔린用 氣化器를 使用한 때, 代替燃料의 當量比가 一定하면 메타놀의 重量比가 增加할수록 減少한다.

4) 代替燃料의 NO_x 放出量은 가솔린에 비하여 낮고, 주어진 當量比에서는 一般的으로 메타놀 重量比가 增加하면 減少하고, 點火時期가 빠르면 增加하며, 壓縮比의 增加率이 增加하면 증가한다.

5) 代替燃料의 CO 放出量은 가솔린에 비하여 낮고, 當量比가 증가하면 增加하고, 메타놀의 重量比가 增加하면 減少한다.

6) 代替燃料의 HC 放出量은 기존 가솔린의 경우에 비하여 낮고 주어진 當量比에서 메타놀의 重量比가 增加하면 減少하나, 壓縮比, 點火時期의 變化에는 거의 영향을 받지 않는다.

參 考 文 獻

- 1) 日本文部省特定研究「自動車の排氣淨化に關する基礎的研究」, 1980.
- 2) 류정인의 1인, 가솔린 엔진용 代替燃料의 妥當性에 關한 研究(I), 忠南大學校 工業教育研究所論文集, 第2卷第2號, pp. 59~65, 1979.
- 3) 류정인의 2인, 가솔린 엔진용 代替燃料의 妥當性에 關한 研究(II), 大韓工業教育學會誌, 第6卷第2號, pp.21~26, 1981.
- 4) 류정인의 1인, 가솔린 엔진용 代替燃料의 妥當性에 關한 研究(III), 忠南大學校 工業教育研究所 論文集, 第5卷, 第2號, pp. 70~73.
- 5) 류정인, 가솔린 엔진용 代替燃料의 妥當性에 關한 研究(IV), 大韓工業教育學會誌, 第8卷第2號, pp.67~73, 1983.
- 6) 류정인, 양옥룡, 가솔린 엔진용 代替燃料의 妥當性에 關한 研究(V), 仁荷大學校 産業科學技術研究所 論文集, 第13輯, p.11~21, 1985.
- 7) Gerald M. Rassweiler and Lloyd Withrow, Motion Pictures of Engine Flames Correlated with Pressure Card, SAE J. Vol. 42, No. 5, pp.191, 1938.