

# 가솔린엔진용 代替燃料의 火焰舉動에 관한 研究

양 정 규\* · 류 정 인\*\*

## A Study on the Flame Behavior of Substitute Fuel of Gasoline Engine

Jung-Kyu YANG\* and Jung-In RYU\*\*

The purpose of this study are to investigate the characteristics of the flame behavior of gasoline-methanol blended fuels in spark ignition engine.

Ionization probe were installed at the cylinder head and piston in order to measure flame speed.

Other parameter such as engine performance, fuel consumption rate and exhaust gas were measured. The results were as follows.

1. In the case of increase methanol contents in blend fuel, flame propagation speed were increased, and thermal efficiency of the engine were increased due to decrease of energy consumption rate.
2. In the case of fixed equivalence ratio, NOx in exhaust gas were increased in accordance with increase of spark advance, and mean effective pressure were decreased in accordance with increase of methanol contents.
3. CO and HC concentration were decreased in accordance with increase of methanol contents.

### 序 論

石油 가격의 급격한 상승과 供給의 不安定, 原油 枯渴의 염려와 산업발전에 따른 多量의 原油 使用으로 발생하는 大氣汚染의 深刻性 등으로 世界各國으로 하여금 石油에 代替될 수 있는 새로운 에너지원의 개발을 서두르게 되었다.

이러한 代替燃料로서는 태양열 에너지 원자력, 수소, 알코올, 에테르등과 같은 舍 酸素化合物이 있으나<sup>1)</sup>, 가솔린 燃料에 代替될 수 있는 가장 바람직한 燃料은 알코올이라 할 수 있겠다<sup>2)</sup>.

가솔린에 메타놀을 混合하여 만든 Gasohol을 가솔린 엔진의 燃料로 代替하여 CO, HC의 低減效果, 始動性 등에 큰 性能向上 效果를 얻었다고 보고되어 있다<sup>3,4,5,6)</sup>.

本 研究은 이를 토대로 하여 가솔린에 메타놀을

混合하는 경우, 相分離가 일어나는 相態圖를 찾고, 代替燃料로서의 物理的, 化學的 特質을 分析하고, 실린더 헤드와 피스톤 上部에 여러개의 ionization probe를 설치하여 火焰面이 그곳을 통과 할 때에 각 燃料의 燃燒特性 즉, 火焰傳播速度, 機關性能, 排氣有害 가스에 미치는 諸 因子의 影響을 찾고자 한다.

### 實驗裝置 및 方法

#### 1. 實驗裝置

Fig.1은 本 研究에서 使用된 實驗裝置의 概略三이다.

##### 1) 實驗機關

實驗에 使用된 機關은 영국PLINT 會社가 제작한

\* 여수수산전문대학 : National Yeosu Fisheries Junior College

\*\* 충남대학교 : Choong Nam University

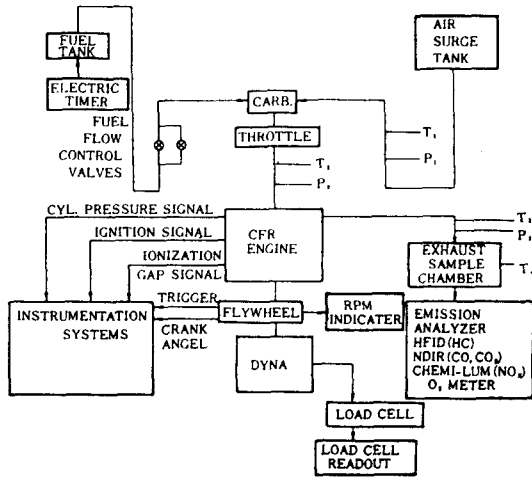


Fig. 1. Test cell installation and instrumentation.

Table 1. Engine Specification

Piston displacement(cc)	468
Bore×Stroke(mm)	85×82.5
Compression ratio(Variable)	4~10
Max. Out put [Ps/rpm]	3bhp/1500rpm
Ignition timing	20° BTDC

C.F.R.기관이고 기관은 電氣動力計와 연결되며, 기관의 제원은 Table. 1과 같다.

기관부하는 Load cell을 사용하여 측정하고, 기관 회전수는 電氣動力計에 설치된 자석 픽업으로測定되어 디지털로 카운터에 나타난다.

2) 空氣 및 燃料裝置

空氣裝置는 서어지 탱크와 空氣加熱器로 구성되어 있다. 吸入空氣의 압력차는 merriam micro manometer를 사용하여 空氣壓力과 溫度를測定하였고, 燃料裝置는 燃料탱크, 燃料여과기, 流量計로 구성되어 체적눈금과 전기 timer로測定된다.

3) 압력 트랜스듀서

실린더 압력 트랜스듀서는 실린더 헤드에 설치되고 트랜스듀서는 火焰面으로부터 나타나는 열응력으로 부터 보호 하도록 冷却水를 순환 시킨다.

4) 排氣가스 分析器

CO, HC의測定을 비분산 적외선 분석기(MEXA 324-F; HORIBA)로, NO<sub>x</sub>는 CLD 분석기 (MEXA-8020D; HORIBA)를 이용 하였다.

5) 分析裝置

本實驗을 통해 ionization probe로 부터 얻은 結果는 computer System으로 入力 처리 되었는데 그

구성은 body(Malum II), disk driver(TEAC), CRT (MBL-2213), A-D converter 및 printer(Kelectron KEP 80)이다.

Fig. 2는 火焰速度 값을 누적하는 統計的 分析過程表이다.

6) 火焰到着時間 測定裝置

火焰到着時間 測定裝置의 계략도는 Fig. 3과 같고

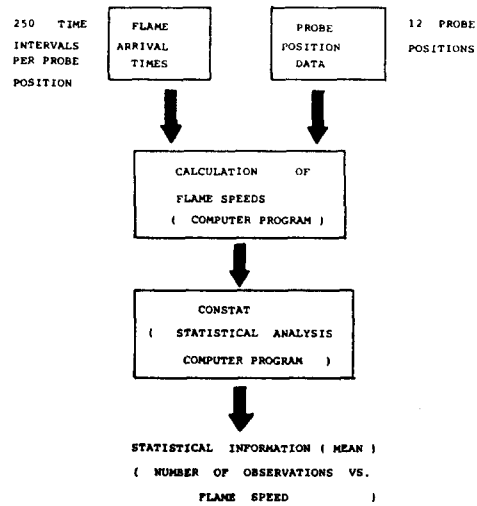


Fig. 2. Statistical analysis procedure for flame speed data.

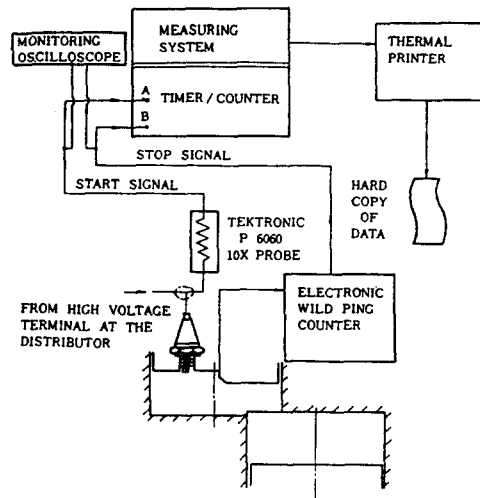


Fig. 3. Flame arrival time measurement system.

이온화 갭 probe는 실린더 헤드 슬리브와 피스톤 헤드에 설치하고, 피스톤 헤드의 이온화 갭 probe

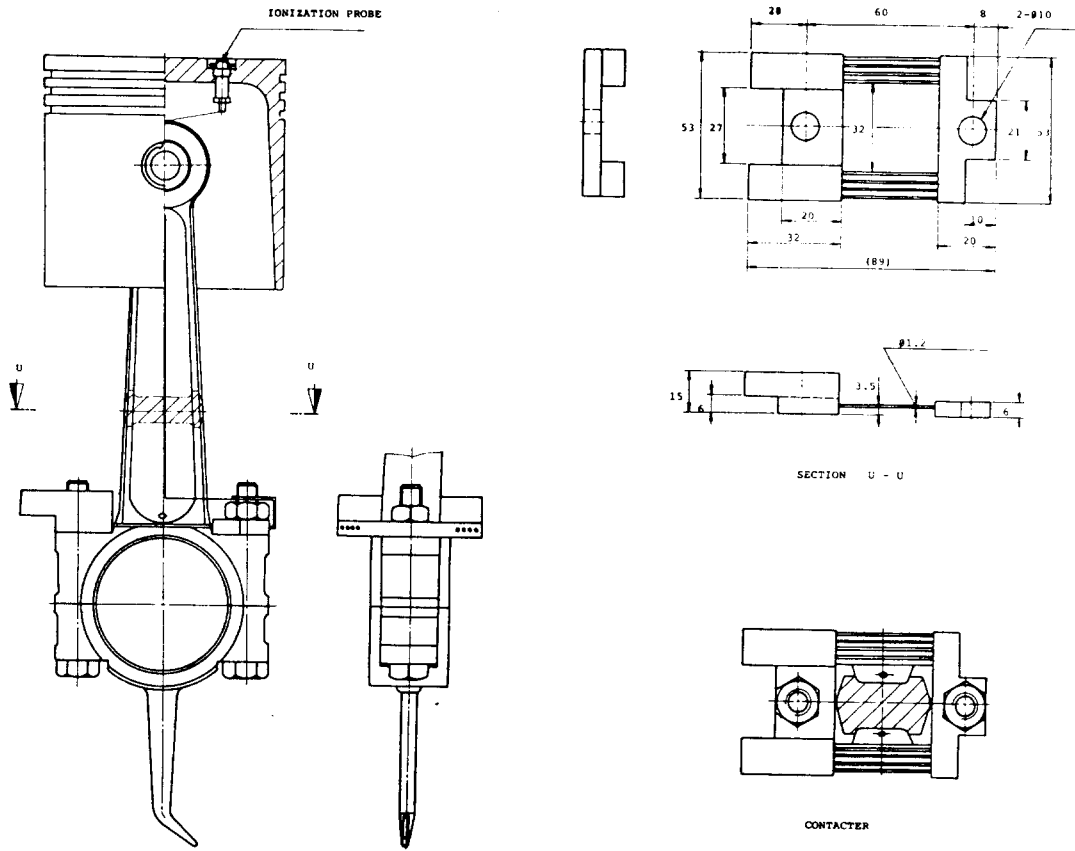


Fig. 4. Ionization probe circuit.

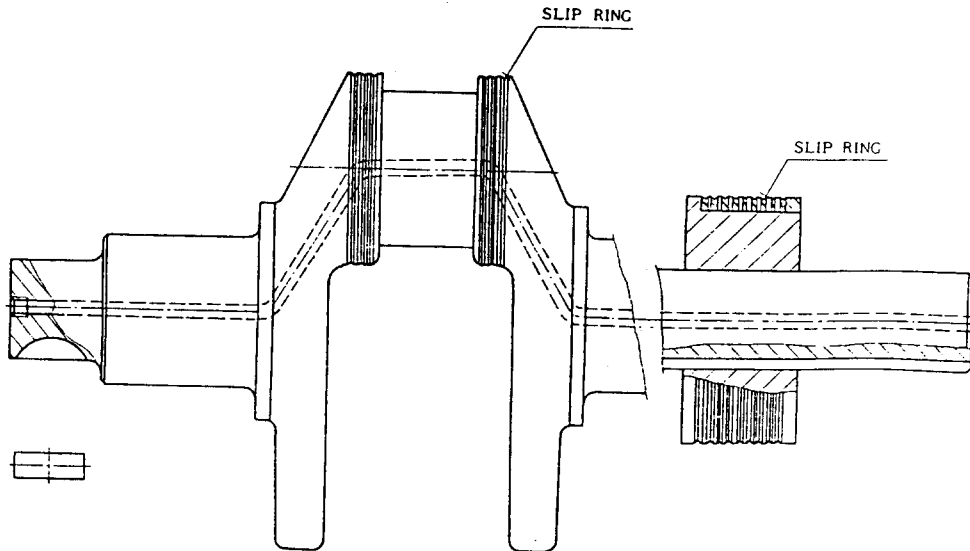


Fig. 5. Crank shaft and contact slip ring circuit.



RG80/M5/THF15, RG70/M13/THF17, RG60/M21/THF19, RG50/M40/THF10/W1 이고 그 特性은 Table 2와 같다.

가솔린에 첨가한 메타놀과 T. H. F. 의 物性은 Table 3, 4와 같다.

Table 3. Specification of Methanol

Items	Contents	
Assay(CH <sub>3</sub> OH)	Above	99.0 v/v%
Water	below	0.3 %
Non-Volatile matter	below	0.003 %
Free acid(CH <sub>3</sub> COOH)	below	0.004 %
Free alkli(NH <sub>3</sub> )	below	0.005 %
Acetone, Aldehyde(CH <sub>3</sub> COOH <sub>3</sub> )	below	0.005 %
Specific gravity	below	0.799 %
Boiling range(64-66°C)	Above	95.0 v/v%

Table 4. Specification of Tetrahydrofuran

Items	Contents
Formula	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O
Molecular Weight	72
Density(g/ml) at 25°C	0.880-0.883
Boiling range	65-67°C
Water	0.02%
Maximum Limits of Impurities Peroxide(as H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0.015%

2) 本 實驗에서 點火時期는 20° BTDC에서 압축 비 6:1로 하고 當량비를 0.8~1.2로 하였다.

### 實驗結果 및 檢討

#### 1. 亂流 火焰速度의 決定

이온화 probe 데이터와 증가압력 데이터를 使用하여 亂流燃焼에서 두 모델을 고려 하였다. 처음 모델의 火焰은 둥글게 傳播하고, 火焰面 뒤 體積은 燃焼된 體積과 같다고 가정한다. 두번째 모델의 火焰은 이온화 probe에서 둥근길을 갖고 이온화 표시 기간에 到着한다고 가정한다.

Fig. 8는 當량비의 함수로서 가솔린과 混合燃料의 火焰速度를 나타낸다. 이것은 12개의 이온화 probe를 설치하여 測定한 最大火焰速度部의 위치를 비교한 것이다. 最大火焰速度는 모든 混合燃料에서 농후한 當량비에서 나타났다. 當량비가 일정할 때 最大火焰速度는 RG80/M5/THF15 燃料가 가장 빠른 것을 알 수 있다.

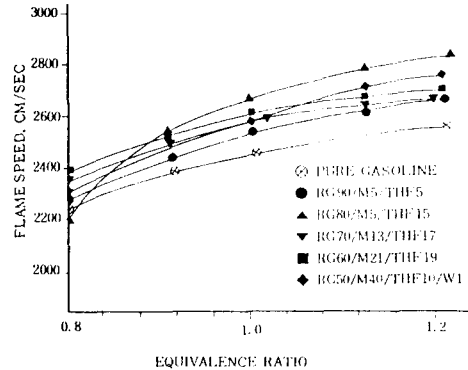


Fig. 8. Effect of methanol blends on flame speed (at K position).

#### 2. 試料의 相分離

가솔린에 10~20%의 알코올을 混合하면 耐爆性이 증가하고 엔진의 운전이 원활하다<sup>1-5)</sup>. 가솔린에 알코올 등의 酸素化合物을 混合하면 燃焼를 개선하여 가솔린 單位 體積보다 排出가스의 측면에서 유리한 性質을 갖는다<sup>1-5)</sup>. 가솔린에 메타놀을 混合하는 경우 成分間의 相互溶解가 불충분하기 때문에 相分離問題가 일어난다. 水分이 없는 條件에서 메타놀은 cyclohexan이나 芳香族 탄화수소와 완전히 混合되어도 직쇄 alkan 族에는 부분적으로 녹지 않는다<sup>1)</sup>.

本 研究에서 實驗 製作된 混合燃料의 相分離 狀態는 Fig. 9와 같다. 이 곡선은 -20°C의 大氣條件에

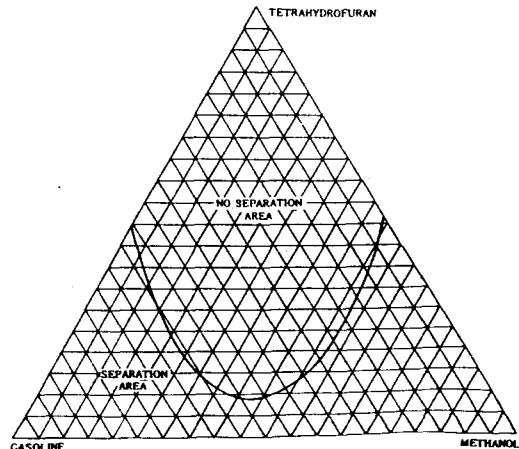


Fig. 9. Solubility diagrams of gasoline-methanol-tetrahydrofuran.

서 물 1g을 첨가한 경우이다. 相分離가 일어나지 않은 區域은 燃料의 經濟性, 機關의 性能價등에 따라 선택할 수 있으나 本研究에 使用된 試料는 最小 가솔린量에 最大 메타놀量을 混合하여 相分離가 일어나지 않은 범위로 하였다. Fig. 10은 混合燃料과 순수한 가솔린의 ASTM 증류곡선을 나타낸다. 일반적으로 初溜溫度와 10%溜出溫度의 差가 작거나, 初溜溫

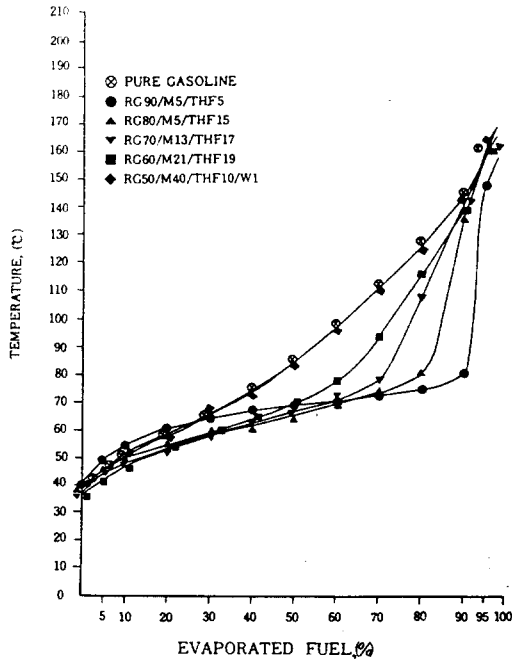


Fig. 10. Distillation curves of mixed fuels on the base of gasoline.

도가 낮고 10%溜出溫度가 그다지 높지 않은 燃料는 처음에 着火해서 發生하는 熱量이 그 다음의 溜分을 着火시키기에 充分하므로 이런 燃料는 일단 引火만 되면 完全燃焼될 수 있다. 따라서 10% 溜出溫度는 起動性과 着火性을 表示한다<sup>16)</sup>.

Fig. 10에 의하면 混合燃料의 蒸溜曲線은 메타놀이 沸騰點보다 더 낮은 溫度에서 溜出하기 시작한다. 그 이유는 1價 알코올은 탄화수소와 共沸(azeotropes)를 形成하여 front end의 증류온도를 낮추는 경향이 있기 때문이다<sup>2,3,4,5,17)</sup>. 또 가솔린은 여러成分의 混合物이기 때문에 低沸騰點에서부터 高沸騰點까지 넓게 分布되어 있으나 메타놀은 均一한 成分이다.

混合燃料는 低溜出溫度部에서는 메타놀처럼 완만한 傾斜를 이루나 高溜出溫度部에서는 急傾斜를 이루어 가솔린 蒸溜曲線에 接近한다. 이것은 蒸發性能이 좋은 메타놀이 대부분 蒸發하였기 때문이라고 생

각한다.

### 3. 機關性能

#### 1) 制動 에너지 消耗比

가솔린은 물론 混合燃料에서도 理論 當량비 부근에서 最小 制動燃料 消耗比가 일어나며 메타놀이 증가 할수록 燃料 消耗比는 증가 한다고 보고 되어 있다<sup>18~22)</sup>. 이와 같은 結果는 메타놀의 低熱價에 기인하나 에너지 消耗 즉, BSEC(BTU/HP-hr)는 Fig. 11에서 보는 바와 같이 역으로 나타낸다. 理論當량비에서 메타놀이 증가하면 BSEC는 적다.

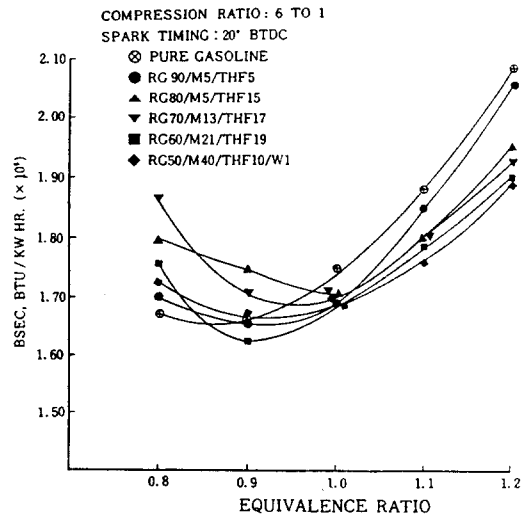


Fig. 11. Effect of methanol blends on brake specific energy consumption.

混合燃料에서 BSEC에 대한 참고문헌이 여러가지 구동 사이클에 걸쳐 平均한 自動車의 機關에 대한 보고가, 에너지를 기초로 BSEC는 감소하고 열효율이 증가하는것을 나타내고 있다<sup>18~23)</sup>.

1 cylinder 機關에서 燃料消耗率은 Most와 Longwell<sup>21)</sup>에 의해 순수한 가솔린과 순수한 메타놀에 대한 보고에서 當량비, 회전수, 압축비와 負荷에서, 순수한 methanol에 대한 저에너지 消耗가 보고 되었다. 메타놀의 첨가로 열효율이 증가하는 이유는 熱解離損失등은 물론 冷却損失의 감소에 의한 低火焰溫度, 메타놀-가솔린 blend의 高火焰速度와 같은 여러가지 因子 때문이라고 생각된다.

#### 2) 當량비와 平均有效압력

Fig. 12은 當량비의 함수로서 制動平均有效壓力의 變化를 나타내고 있다.

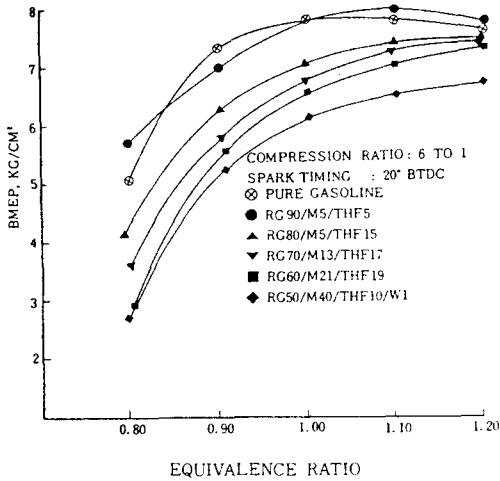


Fig. 12. Effect of methanol blends on BMEP.

最大값은 混合燃料은 물론 가솔린에서도 濃厚한 混合比 區域에서 나타난다. 當량비가 일정할때 混合燃料은 메타놀이 증가 할수록 燃料의 熱價가 낮아지므로 平均有效壓力이 떨어지는 것을 알 수 있다.

3) NO<sub>x</sub>의 放出

Fig. 13은 압축비 6:1로 하여 當량비와 點火進角을 變化시켰을 때 순수 가솔린의 NO<sub>x</sub>放出을 나타내

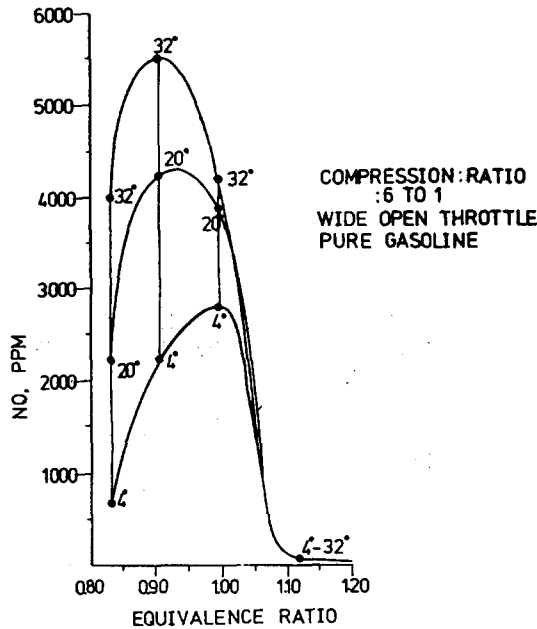


Fig. 13. Variation of NO emissions with equivalence ratio and spark timing for pure gasoline.

고 있다.

最大 NO는 稀薄混合比에서 나타나고, 주어진 當량비에서 點火進角이 4°에서 20°로 증가시키면 NO<sub>x</sub> 농도가 증가한다. 當량비가 1.0에서, 點火進角을 4°에서 32°로 변화시키면 NO<sub>x</sub>는 2800ppm에서 4500ppm으로 증가한다. 이 효과는 高溫에서 殘留期間이 증가하기 때문이다.

Fig. 14는 RG90/M5/THF5의 燃料에서 압축비 6:1로 하여 當량비와 點火時期를 變化시켰을 때의 NO放出을 나타내고 있다. Fig. 14에서는 주어진 當량비와 點火時期에서 pure gasoline과 비교하면 NO가 적게 배출되며, 點火時期가 빠르면 NO量이 증가하는 것을 알 수 있다. 이 효과는 高溫에서 殘留期間이 길기 때문이다.

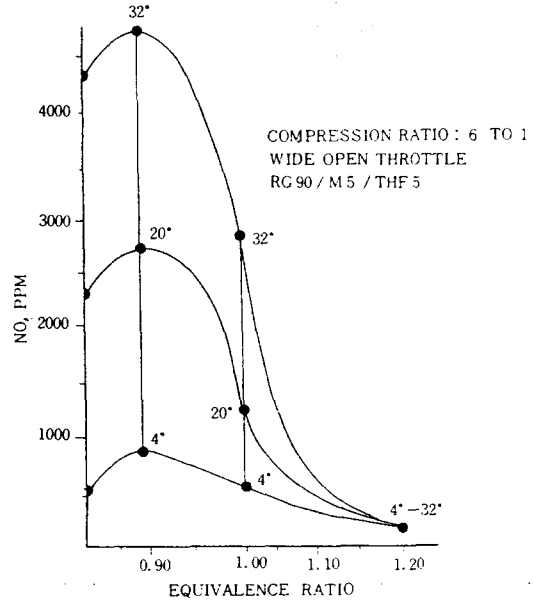


Fig. 14. Variations of NO emissions with equivalence ratio and spark timing for RG90/M5/THF5 fuel.

Fig. 15는 RG80/M5/THF15의 燃料에서 압축비 6:1로 하여 當량비와 點火時期를 變化시켰을 때 NO放出을 나타내고 있다. Fig. 15에 있어서 NO放出은 Fig. 14과 거의 같은 경향을 보이고 있으나 T.H.F. 量이 많을 수록 NO 最大放出 當량비가 Fig. 14보다 더 稀薄한 混合氣 區域에서 存在하는 것을 알 수 있다. 이 효과는 메타놀 보다 T.H.F.의 탄소함유량이 많기 때문에 稀薄混合氣 區域에서 高溫域이 存在하기 때문이라고 생각된다.

Fig. 16은 RG70/M13/THF17의 燃料에서 압축비

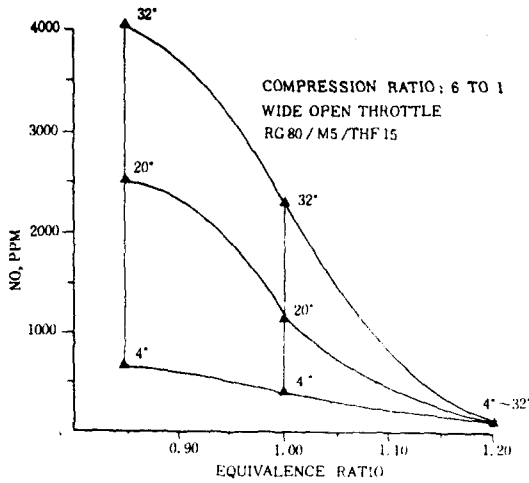


Fig. 15. Variation of NO emissions with equivalence ratio and spark timing for RG80/M5/THF15 fuel.

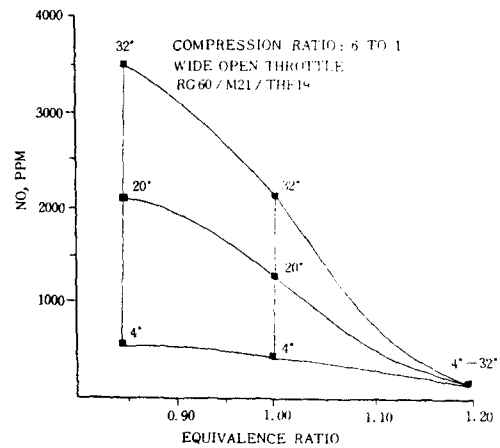


Fig. 17. Variation of NO emissions with equivalence ratio and spark timing for RG60/M21/THF19 fuel.

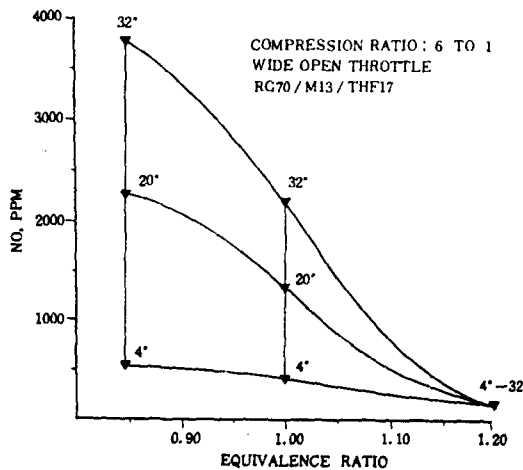


Fig. 16. Variation of NO emissions with equivalence ratio and spark timing for RG M13/THF17 fuel.

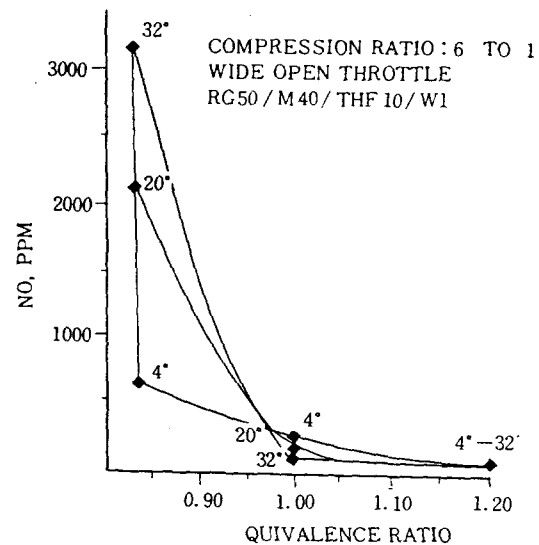


Fig. 18. Variation of NO emissions with equivalence ratio and spark timing for RG50/M40/THF10/W1 fuel.

6:1로하여 당량비와 點火時期를 變化시켰을 때의 NO 放出을 나타내고 있다. Fig. 16은 Fig. 14, 15와 같은 경향을 보이고 있으며, 메타놀 함량이 많을수록 NO가 적게 배출된다. 이 효과는 메타놀의 着火遲延期間이 길고 蒸發潛熱이 높아 冷却效果를 가져와 NO의 배출량이 감소 된다고 생각된다.

Fig. 17은 RG60/M21/THF19의 燃料에서 압축비 6:1로 하여 당량비와 點火時期를 變化시켰을 때의 NO放出을 나타내고 있다. Fig. 17은 Fig. 14, 15, 16과 같은 경향을 보이고 있다.

Fig. 18은 RG50/M40/THF10/W1의 燃料에서 당량

비와 點火時期를 變化시켰을 때의 NO放出을 나타내고 있다. Fig. 18에서 당량비가 0.95이하에서는 당량비가 낮을수록, 點火進角은 클수록 NO의 放出量은 증가하고, 당량비가 0.95이상에서는 당량비와 點火進角이 클수록 NO의 放出量이 감소하는 것을 나타내고 있다. 그 이유는 물이 증발하는데 필요한 潛熱이 요구되므로 燃燒溫度가 낮아져 NO量이 현저히 낮은 것으로 생각되며, 당량비가 1.0 근처에서는 點火時期가 가장 빠른 32°에서, 가장 낮은 擘出量을



나타내며 그 이유는 물이 충분히 蒸發할 수 있는 時間과 熱量을 가졌기 때문으로 생각 된다.

4) HC放出

Fig. 19은 압축비 6:1, 點火進角 20° BTDC로 했을 때, 가솔린과 混合燃料가 當량비의 함수로서 HC 放出 濃度에 미치는 影響을 나타내고 있다. 最小 濃度값은 약간 稀薄混合期에서 나타내고 HC放出源은 最小 HC量의 좌우에서 증가한다.

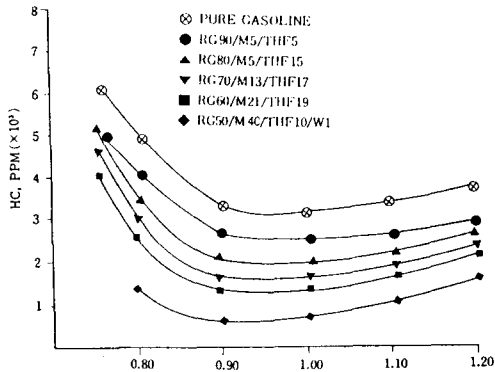


Fig. 19. Effect of methanol blends on unburned hydrocarbon emissions.

HC의 最小값은 메타놀 함유량이 많을수록 감소하고, HC量이 最小가 되는 當량비가 存在한다. 그 이유는 메타놀 blend의 높은 휘발성에 기인한다. 이들 경향은 GM 연구실의 Brinkman<sup>15)</sup>의 結果와 같은 경향을 보인다.

5) CO放出源

Fig. 20은 여러가지 混合燃料에서 當량비의 함수로서 CO 放出量을 보인다. 最小 CO 排出量은 稀薄混合比에서 나타나고, 當량비가 크면 CO排出量은 증가한다.

일정한 當량비에서, CO의 排出濃度는 메타놀 함유량이 증가하면 감소한다. 이것은 메타놀 blend의 火焰速度가 빠르기 때문이다<sup>18, 19, 20)</sup>.

結 論

可變 압축비 機關(C. F. R.)에 ionization gap probe를 피스톤 및 실린더 헤드 sleeve에 설치하여 火焰舉動에 대하여 實驗한 結果는 다음과 같다.

1) 混合燃料에서 火焰傳播速度는 메타놀 含量에 따라 증가한다.

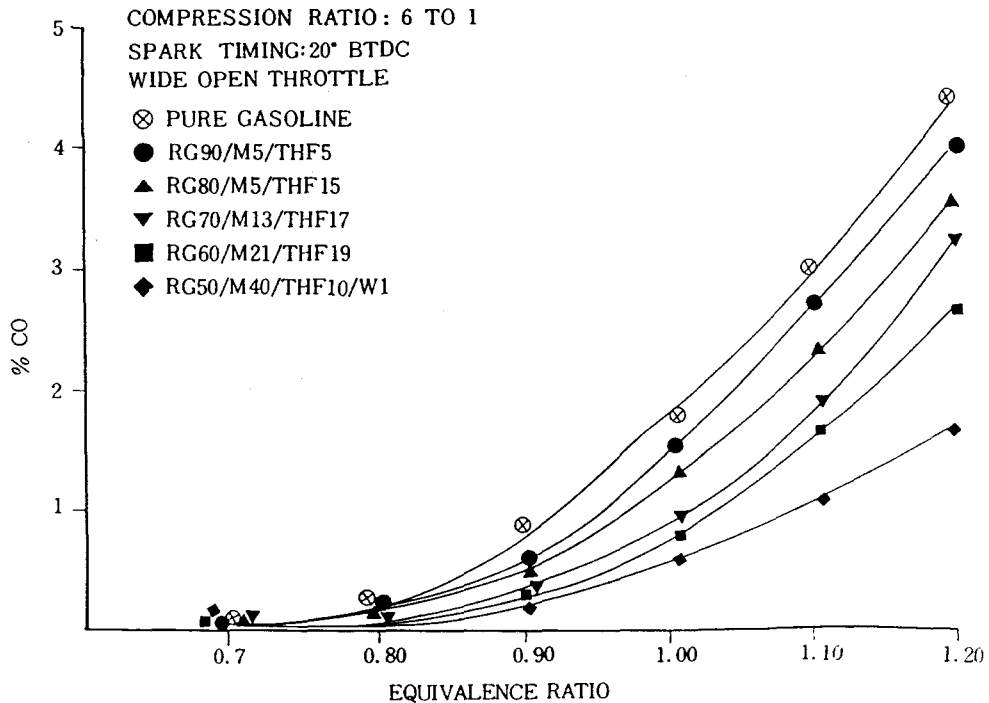


Fig. 20. Effect of methanol blends on carbon monoxide emissions.

2) 混合燃料에서 메타놀 percent가 증가하면 에너지 소비비 (Btu/HP-hr)가 감소하며 열효율은 증가한다.

3) 당량비가 일정하면 平均有効壓力은 메타놀 량이 증가할 수록 감소한다.

4) 순수한 가솔린 및 混合燃料는 點火進角이 클수록 NO<sub>x</sub> 放出量은 증가하고 稀薄 混合氣 영역에서 NO<sub>x</sub> 放出量은 最大가 된다. 또 RG50/M40/THF10/W1의 燃料에서는 당량비가 0.95이하에서는 당량비가 낮을수록, 點火進角이 높을수록 NO<sub>x</sub> 放出量은 증가하고, 0.95이상에서는 당량비와 點火進角이 클수록 放出量은 감소한다.

5) CO, HC의 最小값은 메타놀 含有量이 높을수록 감소한다.

### 參考文獻

- 1) 自動車の 排氣淨化に 關する 基礎研究 成果編集 委員會(1980): 自動車 エンジンの排氣淨化. 日本文部省.
- 2) 한국동력자원연구소(1980): KEF의 성능실험연구. KE-8003.
- 3) 류정인의 1인(1979): 가솔린 엔진용 대체연료의 妥當性에 關한 研究 (I). 충남대학교, 공업교육연구소 논문집 2(2), 59-65.
- 4) 류정인의 2인(1981): 가솔린 엔진용 대체연료의 妥當性에 關한 研究(II). 대한공업교육회지 6(2), 21-26.
- 5) 류정인의 1인(1982): 가솔린 엔진용 대체연료의 妥當性에 關한 研究(III). 충남대학교 공업교육연구소 논문집 5(2), 70-73.
- 6) 류정인(1983): 가솔린 엔진용 대체연료의 妥當性에 關한 研究(IV). 대한 공업교육학회지 8(2), 67-73.
- 7) London Eyre and Spottis woode Publishers LTD : Dictionary of Organic Compounds. Vol.3, 1361.
- 8) 小松熙外 2人(1980): アルコール 混合 ガソリン의 動向と問題點. スバル技報 第11號, 89-97.
- 9) 中山滿茂外 2人(1979.8): 메타놀·가솔린 混合燃料의 相分離特性と相分離における 엔진 性能의 研究. 內燃機關 合同論文集, 187-192.
- 10) 田中楯彌太(1965): 燃料 と 燃焼. 昭見堂.
- 11) 堀昭三·澤則弘·海老澤重次(1976.2): 氣化器付き メタノール기관의 운전특성 內燃機關 Vol.15, No.175, 9-24.
- 12) 한영출·최계훈: 산화촉매에 의한 자동차 배출 가스중 HC 및 CO의 정화에 관한 연구.
- 13) 일본기계학회: 기계공학편람, 내연기관. 개정판 6판, 14-4.
- 14) Henein, N.A.(1978): Flame Propagation, Auto Ignition and Combustion in Alcohol-Petroleum-Air Mixtures and Other Alternative Fuels. U.S. Department of Energy.
- 15) Curry, S.: The Relation Ship between Flame Propagation and Pressure Development During Knocking Combustion. SAE Paper No.64713, 2-3.
- 16) 전대회(1976): 연료와 연소의 관리. 한국해양대학 해사도서 출판부, 33-35.
- 17) 小茂島和生外 1人(1979): 內燃機關工學, 實教出版(株) 21-24.
- 18) Brinkman, N.D., Gall, Poulos, N.E. and M. W. Jackson(1975): Exhaust Emissions, Fuel Economy and Driveability of Vehicles Fueled with Alcohol-Gasoline Blends. SAE. Paper No. 750120.
- 19) Allsup, Jo, Eccleston, B, and R.W. Hurn (1975): Experimented Work with Methanol/Gasoline Blends. status Report, ERDA/AAPSD Contractors Coordinating Meeting Ann Arbor, Michigan.
- 20) Johnson, R. T. and R. K. Riley(1976): Single Cylinder Spark Ignition Engine Study of the Octane, Emissions and Fuel Economy Characteristics of Methanol-Gasoline Blends. SAE paper No. 760377.
- 21) Most, W. J. and J. P. Longwell(1975): Single-Cylinder Engine Evaluation of Methanol-Improved Energy, Economy and Reduced NO<sub>x</sub>. SAE paper No. 750119.
- 22) Fleming, R. D. and T. W. Chamberlain(1975): Methanol as Automotive Fuel. SAE Paper No. 750121.
- 23) Ingamills, J. C. and R. H. Lindquist(1975): Methanol as a Motor Fuel or a Gasoline Blending Component. SAE paper No. 750125.