

Methanol을 燃料로 한 電氣點火 機關의 排出物 濃度豫測에 관한 研究

The Prediction of Emission Concentrations in Spark Ignition Engine Using Methanol as a Fuel

金應瑞* 金相浩**
E.S. Kim, S.H. Kim

Abstract

A prediction of emission concentrations was made by calculating chemical equilibrium on the basis of an indicated pressure diagram in spark ignition engine using methanol as a fuel.

A prediction according to Otto cycle was also made and for carbon dioxide, carbon monoxide and nitric oxide, emission test was performed using a conventional SI engine that was modified a little considering fuel characteristics.

An investigation was made for those three cases-results from an indicated pressure diagram, Otto cycle and emission test.

A good agreement between the measured values and the predicted ones existed for carbon dioxide and carbon monoxide, but not for nitric oxide. And good results existed for the other emission concentrations.

1. 緒 論

1970年代初의 에너지 파동 以後 世界各國에서 石油代替 에너지에 對한 研究가 活潑히 展開되고 있다.¹⁾

특히 methanol은 經濟的 問題와 그 特性에 對한 燃燒問題만 解決할 수 있으면 未來의 에너지 源으로 主要한 位置를 占할 것이 確實視된다.

Methanol은 octane價가 높고 cetane價가 낮아 디젤機關보다는 spark ignition機關에 適合된 代替燃料로서 더 바람직하다.²⁾

한편, 오늘날 石油에너지를 使用하는 自動車에서는 上記의 波動에 對한 高油價 問題와 함께 燃料의 組成과도 關連되는 有害 排出物 억제의 問題를 가지고 있다. 自動車排出物에 對한 大氣 오염은 特別히 大都市에서는 社會問題化되고 있으

며, 이에 對한 環境보존을 위한 諸般規制가 關係당국에 의해 설정되고 또 深化되고 있다.

Methanol은 一酸化炭素 및 窒素酸化物의 生成이 적어³⁾ 위에서 처럼 문제가 되고 있는 環境의 보존상 有利하다. 또 天然가스나 石炭에서 生産할 수 있으므로 에너지 保存의 側面에서도 기여된다.

本 研究에서는 主要한 代替燃料의 하나로 注目 받고 있는 methanol을 既存의 4cycle 4cylinder SI機關에 燃料로 使用하였을 때의 排出物濃도를 壓力線圖 및 Otto cycle에 對한 豫測하고 實驗値와 比較 檢討하였다.

2. 理論解析

機關 실린더 내에서 生成되는 燃燒가스 成分의 生成과 濃도를 豫測하기 위하여 다음과 같은 假

* 正會員, 서울大學校 工科大学

** 서울大學校 大學院 機械工學科

定을 設定한다.

- (1) 燃燒가스는 理想氣體의 性質을 滿足한다.
- (2) 燃燒室內의 壓力은 均一하다.
- (3) 燃燒室內의 溫度는 均一하다.
- (4) 空氣의 成分은 體積比로 21%의 酸素와 79%의 窒素로 構成되어 있다.

2.1 一般 燃燒方程式의 設定

燃燒成分을 計算하려면 一連의 方程式이 必要하고, 이러한 方程式의 數는 決定하여야 할 未知數의 數와 一致하여야 한다.

燃燒方程式의 設定에는 二種類의 式이 必要하다.

첫째는, 質量保存方程式이며, 다음과 같다.

$$(M) = \sum(n_{i,M}) \cdot \nu_i$$

$$(N) = \sum(n_{i,N}) \cdot \nu_i \dots\dots\dots(1)$$

둘째는, 平衡方程式이며 다음과 같다.

$$aA + bB + \dots\dots\dots \xrightleftharpoons{K_p} cC + dD + \dots\dots\dots$$

$$K_p = \frac{P_C^c P_D^d \dots\dots\dots}{P_A^a P_B^b \dots\dots\dots} \dots\dots\dots(2)$$

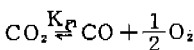
2.2 獨立成分의 數 및 燃燒混合氣 中에 存在하는 化學成分의 選擇

內燃機關의 燃燒에 있어서 C, H, O, N의 4種의 獨立元素가 存在하는 平衡系로 생각한다.

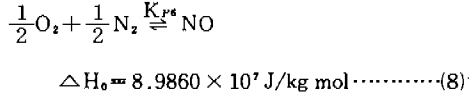
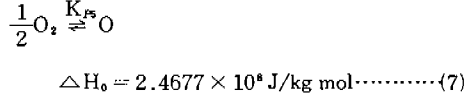
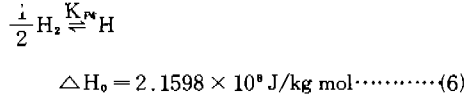
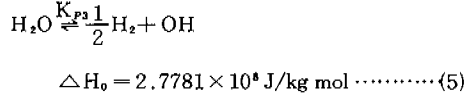
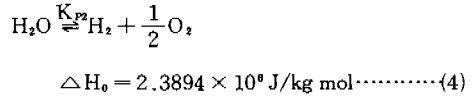
이에 따라 生成되는 燃燒化學成分으로는 普通 溫度의 燃燒過程에서는 CO₂, CO, H₂O, N₂, O₂만 考慮할 수 있으나, 高溫 高壓의 狀態에서의 燃燒過程에서는 一連의 解離過程을 附加시켜야 한다. 水蒸氣는 H₂, O₂ 및 OH로 熱解離하게 되고, H₂와 O₂는 H 및 O로 各各 熱解離된다. 따라서 CO₂, CO, H₂O, H₂, O₂, OH, H, O, N₂, NO의 10가지 化學成分을 選擇하였다.

2.3 基礎式

燃燒室內에서의 燃燒平衡過程을 나타내기 위하여 다음의 6가지 化學平衡式을 考慮한다.



$$\Delta H_0 = 2.7935 \times 10^8 \text{ J/kg mol} \dots\dots\dots(3)$$



여기서 K_{p1}, ……., K_{p6}는 各各의 平衡常數를, ΔH₀는 溫度 0 K에서의 反應熱을 나타낸다.⁹⁾

2.4 平衡常數

平衡常數는 溫度만의 函數로서 溫度에 따라 크게 變한다. 따라서 平衡常數에 관한 一般式을 求해야 한다.

平衡常數 K_p는 다음式으로 주어진다.⁴⁾

$$\ln K_p = \frac{-\Delta G_T^0}{RT} \dots\dots\dots(9)$$

여기서,

$$-\Delta G_T^0 = \sum(\nu \mu^0)_{\text{reactants}} - \sum(\nu \mu^0)_{\text{products}} \dots\dots\dots(10)$$

ν : stoichiometric coefficient

μ⁰ : chemical potential

式(9)을 變形시키면,

$$\ln K_p = \frac{1}{R} \left[\sum \left(\nu \frac{\mu^0}{T} \right)_r - \sum \left(\nu \frac{\mu^0}{T} \right)_p \right] \dots\dots\dots(11)$$

Standard chemical potential 은 다음 式으로 주어진다.⁴⁾

$$\mu^0 = g^0 = g(T) + g_0 \dots\dots\dots(12)$$

基準溫度를 0 K로 한다면,

$$g_0 = h_0 - T_0 S = h_0 \dots\dots\dots (13)$$

따라서

$$g(T) = g^0 - h_0 \dots\dots\dots (14)$$

로 주어진다.

$\mu^0 = g(T) + h_0$ 을 式(11)에 代入하여 整理하면

$$\ell n K_p = \left[\sum \left(\frac{\nu_g(T)}{RT} \right)_k - \sum \left(\frac{\nu_g(T)}{RT} \right)_p \right] - \left(\frac{\Delta H_0}{RT} \right) \dots\dots\dots (15)$$

$$- \frac{\Delta H_0}{RT} = \sum \left(\frac{\nu_{h_0}}{RT} \right)_k - \sum \left(\frac{\nu_{h_0}}{RT} \right)_p \dots\dots\dots (16)$$

그리고

$$\frac{g(T)}{RT} = a(1 - \ell n T) - bT - \frac{c}{2} T^2 - \frac{d}{3} T^3 - \frac{e}{4} T^4 - k \dots\dots\dots (17)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 常数 a, b, c, d, e 및 k의 여러가지 氣體에 對한 값은 Table 1에 나타낸 것과 같다.⁴⁾

2.5 質量保存法則과 平衡方程式의 適用

便宜上 各 燃燒가스의 成分의 mole 分率을 다음과 같이 나타내기로 한다.

- $x_1 = \text{CO}_2$ 의 mole 分率
- $x_2 = \text{CO}$ 의 mole 分率
- $x_3 = \text{H}_2\text{O}$ 의 mole 分率

- $x_4 = \text{NO}$ 의 mole 分率
- $x_5 = \text{H}_2$ 의 mole 分率
- $x_6 = \text{OH}$ 의 mole 分率
- $x_7 = \text{H}$ 의 mole 分率
- $x_8 = \text{O}$ 의 mole 分率
- $x_9 = \text{O}_2$ 의 mole 分率
- $x_{10} = \text{N}_2$ 의 mole 分率

몰 分率의 關係로 부터

$$\sum_{i=1}^{10} x_i = 1 \dots\dots\dots (18)$$

質量保存方程式, 式(1)로 부터

$$\frac{(C)}{0.5(N)} = \frac{x_1 + x_2}{0.5x_4 + x_{10}} = \frac{1}{0.79A} \dots\dots\dots (19)$$

$$\frac{(H)}{(N)} = \frac{x_3 + x_5 + 0.5x_6 + 0.5x_7}{0.5x_4 + x_{10}} = \frac{2}{0.79A} \dots\dots\dots (20)$$

$$\frac{(O)}{(N)} = \frac{x_1 + 0.5x_2 + 0.5x_3 + 0.5x_4 + 0.5x_6 + 0.5x_8 + x_9}{0.5x_4 + x_{10}} = \frac{0.5 + 0.21A}{0.79A} \dots\dots\dots (21)$$

平衡方程式, 式(2)로 부터

$$K_{p1} = P^{\frac{1}{2}} \frac{x_2 \sqrt{x_3}}{x_1} \dots\dots\dots (22)$$

$$K_{p2} = P^{\frac{1}{2}} \frac{x_5 \sqrt{x_9}}{x_3} \dots\dots\dots (23)$$

$$K_{p3} = P^{\frac{1}{2}} \frac{x_8 \sqrt{x_6}}{x_3} \dots\dots\dots (24)$$

Table 1 Polynomial Coefficients

	a	b	c	d	e	k	h ₀	s ₀
CO ₂	3.0959E 00	2.7311 E-03	-7.8854E-07	8.6600E-11	0.0	6.5839E 00	-3.9316E 08	2.1380E 05
CO	3.3170E 00	3.7697 E-04	-3.2208E-08	-2.1945E-12	0.0	4.6328E 00	-1.1381E 08	1.9765E 05
H ₂ O	3.7429E 00	5.6559 E-04	-4.9524E-08	-1.8180E-11	0.0	9.6514E-01	-2.3894E 08	1.8883E 05
NO	3.5017E 00	2.9938 E-04	-8.5880E-09	-4.9036E-12	0.0	5.1135E 00	8.9860E 07	2.1076E 05
H ₂	3.4333E 00	-8.1810 E-06	9.6699E-08	-1.4439E-11	0.0	-3.8447E 00	0.0	1.3068E 05
OH	3.5781E 00	-1.3664 E-04	1.6156E-07	-2.5020E-11	0.0	1.4303E 00	3.8869E 07	1.8370E 05
H	2.5000E 00	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.5931E 00	2.1598E 08	1.1472E 05
O	2.7640E 00	-2.5143 E-04	1.0019E-07	-1.3867E-11	0.0	3.7331E 00	2.4677E 08	1.6106E 05
O ₂	3.2530E 00	6.5235 E-04	-1.4952E-07	1.5390E-11	0.0	5.7124E 00	0.0	2.0514E 05
N ₂	3.3444 E 00	2.9426 E-04	1.9530E-09	-6.5747E-12	0.0	3.7586E 00	0.0	1.9161E 05
CH ₃ OH	2.8902E 00	3.9089 E-03	-2.1770E-07					

$$K_{P_4} = P^{\frac{1}{2}} \frac{x_7}{\sqrt{x_8}} \dots\dots\dots(25)$$

$$K_{P_5} = P^{\frac{1}{2}} \frac{x_8}{\sqrt{x_9}} \dots\dots\dots(26)$$

$$K_{P_8} = \frac{x_4}{\sqrt{x_9 x_{10}}} \dots\dots\dots(27)$$

그리고

$$A = 7.14/\phi \dots\dots\dots(28)$$

以上에서 10個의 未知數와 10個의 非線形 聯立方程式으로부터 濃度를 計算할 수 있다.

2.6 燃燒室內의 平均溫度

假定으로부터 燃燒가스가 均一한 性狀을 維持하는 理想氣體이므로 測定된 P-θ 線圖로부터 燃燒室內의 平均溫度를 다음과 같이 計算할 수 있다.⁹⁾

理想氣體 狀態方程式으로부터

$$PV = GRT = n\bar{R}T \dots\dots\dots(29)$$

$$T = \frac{PV}{GR} = \frac{PV}{n\bar{R}} \dots\dots\dots(30)$$

여기서 P는 指示壓力 線圖에서 읽은 壓力

V는 실린더 內의 氣스의 體積

또, 실린더 內에서 氣스가 차지하는 體積 V는 크랭크 角, θ의 函數로 다음과 같이 나타낼 수가 있다:

$$V(\theta) = \frac{1}{2} A_p L \left\{ (1 - \cos \theta) + \frac{1}{4\lambda} (1 - \cos 2\theta) \right\} + V_c \dots\dots\dots(31)$$

$$V_c = V_s / (\epsilon - 1) \dots\dots\dots(32)$$

여기서 A_p ; 피스톤 斷面積

L ; 行程

λ ; 커넥팅로드와 크랭크 半徑의 比

V_s, V_c ; 行程體積 및 間隙體積

ε ; 壓縮比

를 各各 나타낸다.

2.7 燃料와 空氣의 混合氣를 가진 理想的 Otto Cycle의 解析

實際의 電氣 點火 機關은 Otto cycle을 따라 作動한다. Fig. 1에는 燃料 - 空氣 混合氣를 가진 理想的 Otto cycle에 對한 P-V線圖를, Fig. 2에서는 溫度 - 엔트로피 線圖를 나타내고 있다. 1-2過程은 等엔트로피 壓縮過程이고, 2-3過程은 定積斷熱燃燒過程이며, 3-4過程은 等엔트로피 膨脹過程이다. 1에서부터 4까지의 過程에서 氣스成分의 變化結果로, 1에서의 엔트로피와 4에서의 엔트로피의 差異가 生기고, 熱力學的 狀態量도 다를 것이기 때문에 4-1過程을 畫을 수 없다. 따라서 點線으로 나타내었다.⁵⁾

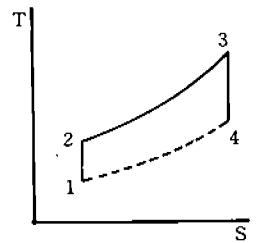
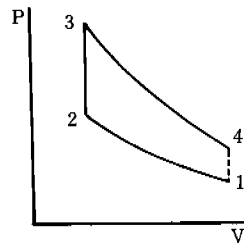


Fig. 1 P-V Diagram for Otto cycle with fuel-air mixture

Fig. 2 T-s Diagram for Otto cycle with fuel-air mixture

2.7.1 等엔트로피 壓縮過程

混合氣成分은 一定하게 維持된다고 假定한다. 等엔트로피 過程이므로, 熱力學 2法則으로부터

$$S_2 = S_1 \dots\dots\dots(33)$$

여기서, $S = \sum n_i s_i \dots\dots\dots(34)$ 이며,

$$s_i = \bar{R} \left(a \ln T + 2 b T + \frac{3}{2} c T^2 + \frac{4}{3} d T^3 + \frac{5}{4} e T^4 \right) - \bar{R} \left(a \ln T_0 + 2 b T_0 + \frac{3}{2} c T_0^2 + \frac{4}{3} d T_0^3 + \frac{5}{4} e T_0^4 \right) - \bar{R} \ln(P_i/P_0) + s_{i0} \dots\dots\dots(35)$$

狀態方程式

$$PV = nRT \dots\dots\dots(36)$$

를 適用한다.

주어진 壓力狀態에서 溫度를 決定하기 爲해서 Newton-Raphson Method 를 使用할 수 있다. 이 는 다음과 같다.

$$T^{(n)} = T^{(n-1)} - \frac{f(T^{(n-1)}, P)}{f'(T^{(n-1)}, P)} \dots\dots\dots(37)$$

여기서, $f'(T, P) = \partial S / \partial T$

$$f(T^{(n-1)}, P) = \Delta S \dots\dots\dots(38)$$

이다.

2.7.2 定積斷熱燃燒過程

이 過程에서 燃燒는 瞬間的으로 일어난다고 假定한다. 斷熱過程이므로 熱力學 1法則으로 부터

$$E_3 = E_2 \dots\dots\dots(39)$$

가 成立하고, 式(18)~式(28) 과, Newton-Raphson 方法을 적용한다.

2.7.3 等엔트로피 膨脹過程

燃燒過程中에 最大溫度에 到達한다 하더라도 化學反應은 膨脹行程 中에서도 계속 일어난다. 이 理由는 化學成分이 熱力學的 平衡狀態에 있 기 때문이다. 따라서 燃燒가스의 成分은 壓力과 溫度와 더불어 變化하게 된다.

熱力學 2法則, 狀態方程式, 式(18)~式(28) 과 Newton-Raphson 方法을 適用시킬 수 있다.

過程1-2와 다른點은 燃燒가스의 成分이 變化 한다는 것이다.

3. 實驗裝置 및 實驗方法

3.1 實驗裝置

實驗機関으로는 既存의 4cycle 4cylinder 電氣 點火機関을 使用하였다. 이 機関의 연소실은 반구형이고, 실린더치수는 83mm × 66mm - 4, 總行程體積은 1428cc, 壓縮比는 9.0 : 1 이다.

Methanol의 特性을 고려하여 氣化器와 吸氣多

岐管 사이에 最大容量 1.25kw 의 加熱器를 設置 하였고, 氣化器의 primary jet 口徑을 3배로 하 였다.

기타의 諸元은 Table 2 와 같다.

Table 2 Engine Specification.

Item	Specification
Maker & model	Nissan, L 14
Type	4cycle 4cylinder water cooled
Piston displacement, cc	1428
Combustion chamber type	Semi-spherical
Bore x stroke, mm	83x66
Compression ratio	9.0 : 1
Max. Torque, kg-m/rpm	11.8/3600
Max. output, PS/rpm	85/6,000
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

排氣가스 測定에 使用된 分析器는 가솔린자동차 排出가스 分析專用의 것(日本 Yanaco EIFC -1083)이고, 이 장치의 諸元은 Table 3 과 같다.

Table 3 Specification of Emission Analyzer.

Item	Specification
Measuring Principle	CO : NDIR
	CO ₂ : NDIR
	NO : CLD
	THC : FID
Gas sampling	Direct sampling
Accuracy & Repeatability	± 1% / FS
Drift	± 1% / FS / 8 Hr
Speed of response	90% response within 1.3sec
Gas sample flow rate	About 40l/min
Ambient condition	5-40°C
Power	AC 100V ± 10V, 60Hz ± 0.5Hz, 3 KVA

動力計는 水冷渦電流 制動型으로 最大 吸氣馬力 100PS, 最大吸氣回轉速度 7,000rpm이다. 主

要 諸元은 Table 4와 같다.

其他 測定裝置의 諸元은 Table 5에 나타낸 것과 같다.

Table 4 Specification of Engine Dynamometer

Item	Specification
Model	Water cooling Eddy current type
Max. absorption power, PS	100
Max. absorption revolution, rpm	7000
Brake arm length, m	0.3581
Maker	Tokyo Meter

Table 5 Specification of other Measuring Instruments.

Item	Maker	Capacity	Usage
Pressure transducer	Shinkoh Communication Industry, Co.	100 kg / cm ²	Cylinder pressure measurement
Strain amplifier	Yokogawa	20,000 microstrain	Pressure measurement
Oscilloscope	Tektronix	Storage 2.5 MHz	Pressure measurement
Dead weight tester	The Ashton valve Co. U. S. A.		Pressure measurement
Digital thermometer	Y. E. W.	Thermocouple, CU/C, -50C ~190C	Intake manifold temperature measurement

3.2 實驗方法

既存의 가솔린 機關에 methanol을 使用하는 境遇, Table 6에서 알 수 있듯이 Octane의 stoichiometric 空燃比는 15.1이고, methanol의 stoichiometric 空燃比는 6.45이어서, 空氣過剩率이 과대해져 失火가 일어나 機關을 가동할 수가 없게 된다. 따라서 本 實驗에서는 가솔린 使用時의 既存 jet를 그것의 3倍 口徑의 jet로 바꾸고, 또 氣化器와 吸氣多岐管 사이에 가열기를 설

Table 6 Stoichiometric equation for combustion.

Octane	$C_8H_{18} + 12.5(O_2 + 3.76N_2)$ $= 8CO_2 + 9H_2O + 49N_2$	A/F = 15.1
Methanol	$CH_3OH + 1.5(O_2 + 3.76N_2)$ $= CO_2 + 2H_2O + 5.46N_2$	A/F = 6.45

치하여 始動性이 向上되고 운전상태도 安定되게 하였다.

실린더內的 壓力은 throttle valve 開度를 50%로 고정하고, 機崗의 回轉速度 1600rpm, 1900rpm, 2100rpm 및 2400rpm에서 測定하였다.

排氣가스 分析은 上記의 운전상태에서 直接 채취하여 分析 記錄하였다.

Fig. 3은 50% 負荷率, 2400rpm에서의 실린더內的 壓力變化를 P-θ線圖로 나타낸 것이다.

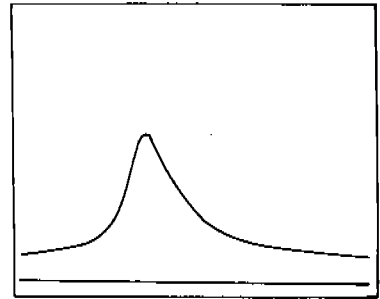


Fig. 3 P-θ diagram at 2400rpm throttle opening 50%.

4. 結果 및 檢討

Fig. 4와 Fig. 5에서는 負荷率 50%의 2400rpm과 2100rpm에서 平衡濃度計算에 의한 結果를 크랭크角에 따라 平衡成分들의 濃分率을 나타내었다.

N₂의 濃分率은 크랭크角에 따라 거의 變化하지 않고 一定한 값을 維持한다. H₂O의 境遇는 膨脹行程의 初期에 若干의 增加를 보이다가 漸次 一定한 값을 가지게 된다. CO₂와 CO는 相互 影響을 끼치며, CO₂는 排氣밸브가 열린 때쯤 되어서 더 이상 變化하지 않고 CO도 같은 傾向을 보인다. NO, OH, O₂의 境遇는 실린더의 平均 溫度의 最高溫度 근처에서 最大값을 가지다가 급속히 감소해가는 것을 알 수 있다.

Fig. 6에서 Fig. 11 까지는 實驗測定이 可能한 濃度를 實驗을 通하여 얻은 壓力曲線을 基礎로 하여서 豫測된 값과 Otto cycle로부터 豫測된 값을 크랭크角에 따라 比較하여 나타내었다.

CO₂의 境遇는 測定한 壓力으로부터 豫測된 값이 全體的으로 높게 나타나고 있으며, CO의

境遇는 이와 反對의 傾向을 나타내고 있다. 이는 平衡 反應式 (4)에서 알 수 있듯이 斷熱인 경우와 아닌 경우의 平衡移動에 기인한다. NO의 경우 溫度의 영향을 크게 받기 때문에 測定한 壓力으로부터 豫測된 값이 Otto cycle로부터 豫測된 값보다 낮게 나타나고 있다.

Fig. 12에서 Fig. 14까지에는 速度에 따르는 測定値와 豫測値를 比較하여 나타낸 것이다.

CO₂의 경우는 測定壓力으로부터 豫測된 값은 4%~9% 정도의 誤差를 보이며 단열인 Otto cycle로부터 豫測된 값보다 더 實驗値에 近似하고 있다. 모두 實驗値보다 낮게 나타났다. CO의

경우는 測定壓力으로부터 豫測된 값이 4%~15% 정도로 實驗値보다 낮게 나타나고 中間速度에서보다 더 近似하고, 斷熱 Otto cycle로부터 豫測된 값은 實驗値보다 5%~17% 높게 나타났다. 高速에서 보다 近似했다. NO의 경우는 燃燒室의 平均溫度의 最高溫度에서 豫測된 값과 比較하였다. 結果로서 NO의 濃度豫測이 어려웠다. 그 理由는 NO의 生成은 극히 高溫으로 노출된 부위에서 이루어지며, 연소실內的 平均溫度가 아닌 局部的 溫度勾配에 따라 計算을 하여야 할 것이기 때문이다.

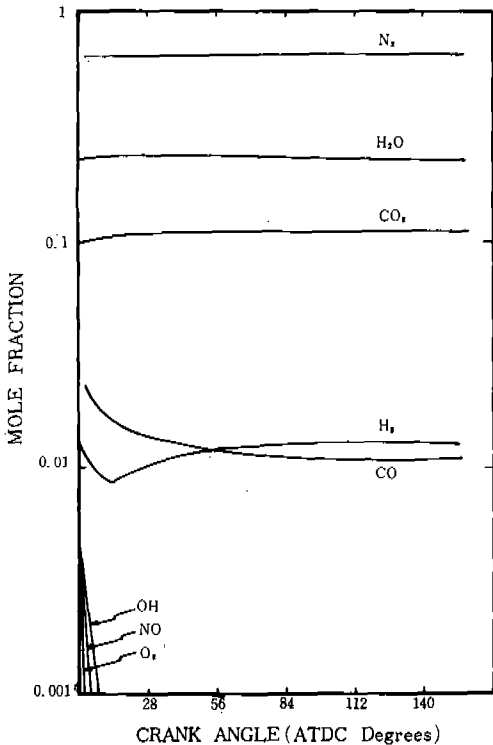


Fig. 4 Equilibrium compositions predicted from measured pressure with crank angle at 2400 rpm, throttle opening 50%.

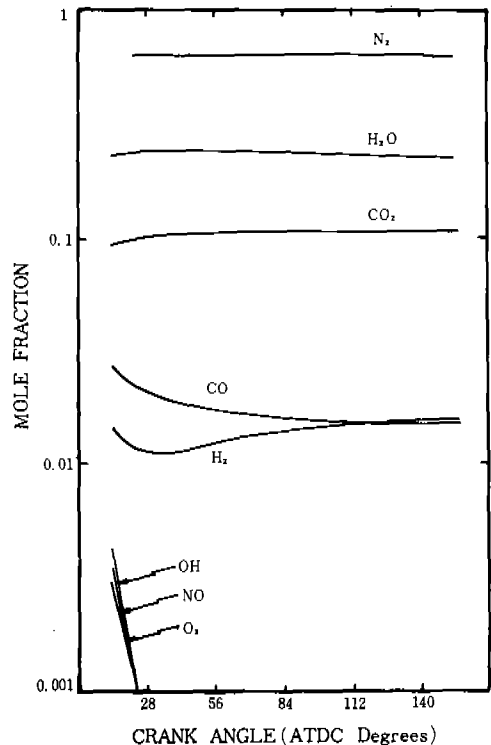


Fig. 5 Equilibrium compositions predicted from measured pressure with crank angle at 2100 rpm, throttle opening 50%.

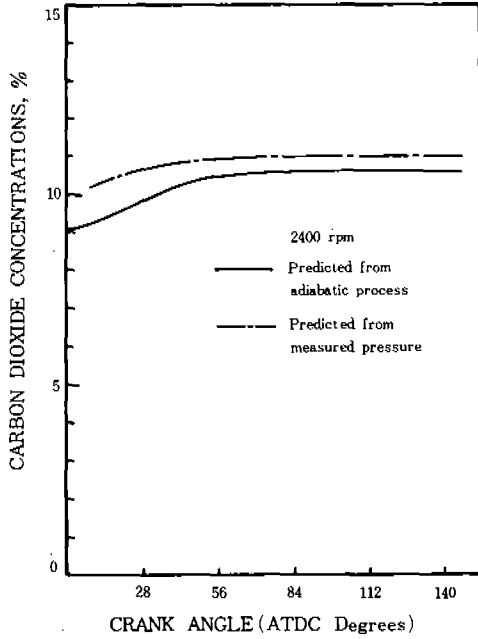


Fig. 6 Comparison of carbon dioxide concentrations predicted from adiabatic process and from measured pressure with crank angle, throttle opening 50%.

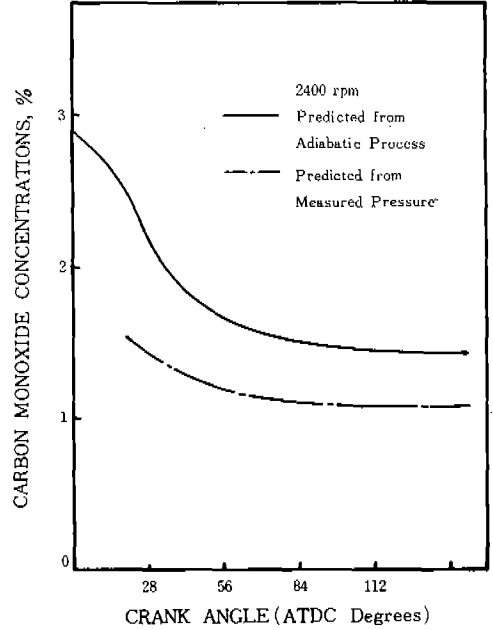


Fig. 8 Comparison of carbon dioxide concentrations predicted from adiabatic process and from measured pressure with crank angle, throttle opening 50%.

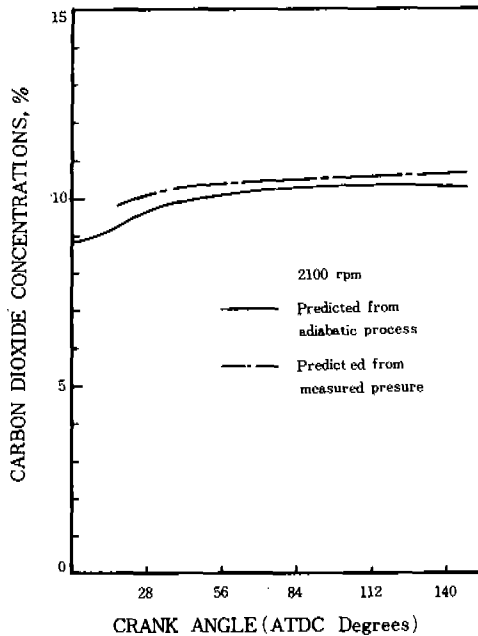


Fig. 7 Comparison of carbon dioxide concentrations predicted from adiabatic process and from measured pressure with crank angle, throttle opening 50%.

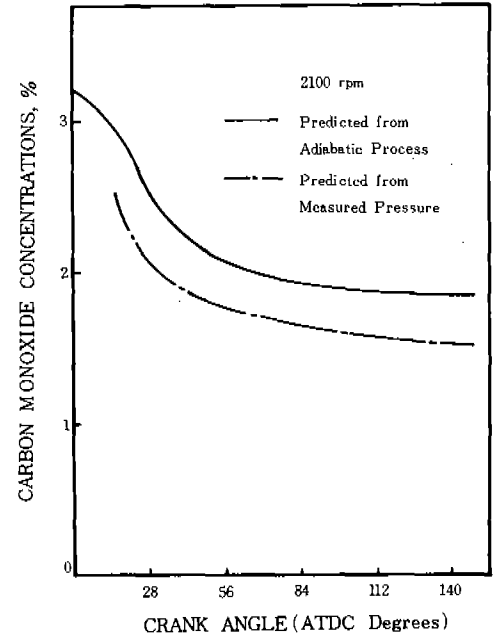


Fig. 9 Comparison of carbon monoxide concentrations predicted from adiabatic process and from measured pressure with crank angle, throttle opening 50%.

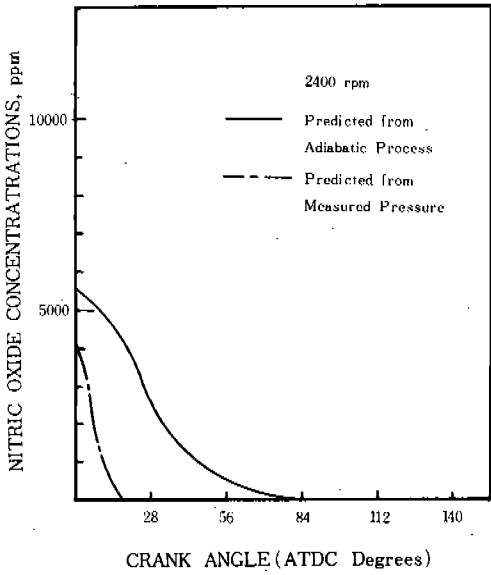


Fig. 10 Comparison of nitric oxide concentrations predicted from adiabatic process and from measured pressure with crank angle, throttle opening 50%.

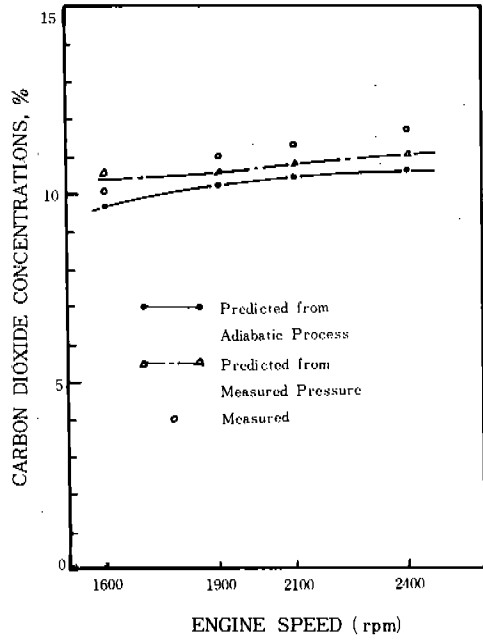


Fig. 12 Measured and predicted carbon dioxide concentrations with engine speed, throttle opening 50%.

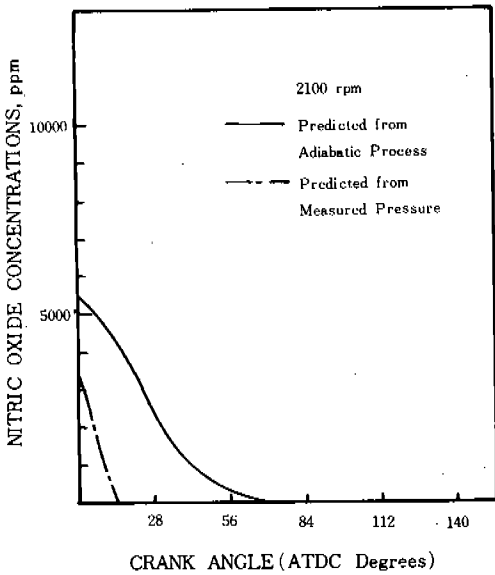


Fig. 11 Comparison of nitric oxide concentrations predicted from adiabatic process and from measured pressure with crank angle, throttle opening 50%.

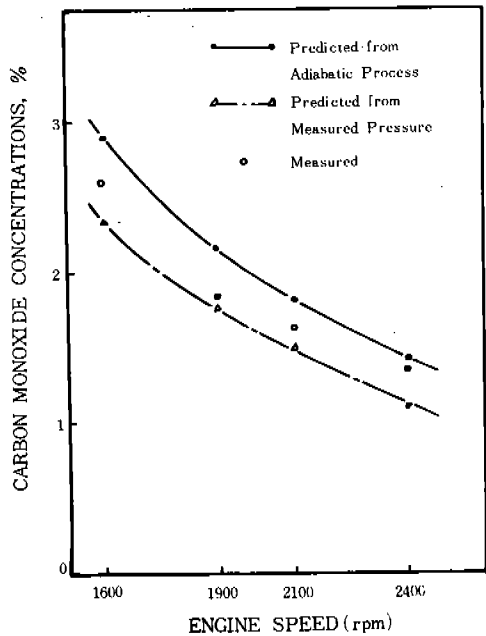


Fig. 13 Measured and predicted carbon monoxide concentrations with engine speed, throttle opening 50%.

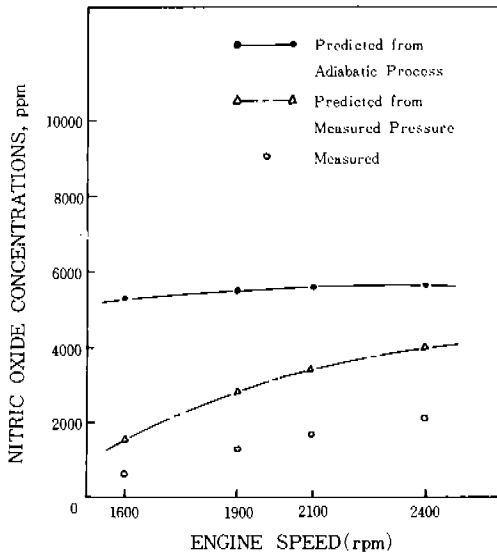


Fig. 14 Measured and predicted nitric oxide concentrations with engine speed, throttle opening 50%.

5. 結 論

既存의 4 cycle 4 cylinder 電氣 點火 機関에 methanol을 燃料로 使用하였을 時의 排出物의 生成傾向과 濃度를 平衡濃度計算에 依하여 豫測하고 實驗値와 比較하였다.

二酸化炭素와 一酸化炭素는 實驗値에 近似하게 豫測할 수 있었고, 酸化窒素의 境遇는 豫測하기가 어려웠으며, 酸化窒素의 豫測은 反應速度를 고려한 非平衡反應에 따라 計算하여야 할 것으로 思慮된다. 또 其他 排出物의 生成傾向도 豫測이 可能 하였다.

謝 辭

本 研究는 現代-서울大 工大 研究基金에 의 해 遂行되었으므로 이에 感謝를 드립니다.

參 考 文 獻

1. David L. Hagen, "Methanol as a Fuel: A Review with Bibliography", SAE Paper 770792.
2. Dictionary of Organic Compounds, London Eyre and Spottiswoode Publishers LTD. Vol. 3-4.
3. B. Lewis et. al, "Combustion Processes", Princeton, Princeton Univ. Press.
4. Rowland S. Benson, "Advanced Engineering Thermodynamics", Pergamon Press, 1967.
5. N.D. Whitehouse and Rowland S. Benson, "Internal Combustion Engine", Vol. 1-2, Pergamon Press.
6. David R. Lancaster et. al. "Measurement and Analysis of Engine Pressure Data", SAE Paper 750026.
7. Zucrow Hoffman, "Gas Dynamics", Vol. 2, Wiley.
8. JANAF: Thermochemical Tables (1965), Dow Chemical Co., Michigan.
9. 齋藤 孟, "燃焼に關するインジケータ線圖の解析法," 内燃機関 Vol. 11 (No. 8 臨時増刊), 1972.
10. 滝下利男, "火花點火機関における排氣組成の計算," 内燃機関 Vol. 11 (No. 11 臨時増刊), 1972.
11. 市川道雄, "燃焼の計算," 内燃機関 Vol. 11 (No. 2 臨時増刊), 1972.
12. 水谷幸夫, "燃焼ガスの化學平衡計算," 内燃機関 Vol. 11, No. 7., 1972.
13. 金熙喆·俞炳澈 共著, "内燃機関," 文運堂.