

工學碩士 學位論文

에탄올 혼합율이 가솔린 엔진의
배기와 성능에 미치는 영향

The Effect of Ethanol Mixing Rate on the Exhaust
Emissions and Performance of a Gasoline Engine

指導教授 朴 權 夏

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

機 械 工 學 科

朴 洪 鎰

本 論文을 朴洪鎰의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委 員 長 崔 在 星 ㉠

委 員 趙 權 回 ㉠

委 員 朴 權 夏 ㉠

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

機 械 工 學 科

朴 洪 鎰

目 次

List of table	iii
List of figures	iv
Abstract.....	vii
I. 序論	
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적	4
II. 理論的 考察	
2.1 가솔린연료의 특성.....	6
2.2 자동차 배출가스 규제 및 대책기준.....	12
2.3 합산소연료의 특성.....	17
2.4 세계 알콜연료의 개발 및 사용현황.....	21
2.5 알콜연료가 차량에 미치는 영향.....	25
2.6 알콜연료에 의한 배기가스의 성분변화.....	26
III. 實驗裝置 및 方法	
3.1. 실험장치의 구성.....	30
3.2. 실험조건과 방법.....	34
IV. 實驗結果 및 考察	
4.1 에탄올 혼합율에 따른 최대 토크 변화.....	35
4.2 에탄올 혼합율에 따른 CO의 배출특성.....	37
4.3 에탄올 혼합율에 따른 NO _x 의 배출특성.....	38
4.4 토크와 에탄올 혼합율 변화에 따른 배출물 및 연료소비량 변화특성.....	52

V. 結論.....	61
參考文獻.....	62

List of Table

- Table 1.1 Reason for ethanol application
- Table 1.2 Comparison of ethanol to gasoline fuel
- Table 2.1 Car exhaust emission purge system
- Table 2.2 EPA simple model for reformulated gasoline standard
- Table 2.3 Amendment clean air act rules in 1990
- Table 2.4 America and europe's typical ingredient of gasoline
- Table 2.5 Korean typical ingredient of gasoline
- Table 2.6 Permitted limit comparison of exhaust gas from gasoline car
- Table 2.7 Permitted limit comparison of exhaust gas from diesel car
- Table 2.8 Exhaust gas of gasoline and gas car per each year
- Table 2.9 Exhaust gas of diesel car per each year
- Table 2.10 Reducing plan of exhaust gas
- Table 2.11 Characteristics of fuel including oxygen
- Table 2.12 Comparison of octane numbers
- Table 2.13 Fuel, industrial and potable alcohol production in worldwide (1999)
- Table 2.14 Exhaust gas reducing effect according to oxygenates
(in low aromatic fuel)
- Table 2.15 Exhaust gas reducing rate from passenger cars
- Table 3.1 Specification of test engine
- Table 3.2 Characteristic and performance according to ethanol mixing rate
- Table 4.1 Maximum torque variation according to ethanol rate

List of Figures

- Fig. 2.1 Tendency of exhaust gas
- Fig. 2.2 Exhaust gas state from each car
- Fig. 2.3 Distillation curves of oxygenates
- Fig. 2.4 Effect of using fuel including oxygen (ethanol 0% to 15%)
- Fig. 2.5 Exhaust gas reducing effect according to using aromatics (45% to 20%)
- Fig. 3.1 Experimental setup for engine test
- Fig. 3.2 Engine dynamometer
- Fig. 3.3 Engine exhaust gas instrument
- Fig. 4.1 Maximum torque variation according to ethanol rate
- Fig. 4.2 CO variation according to engine speed (at ethanol 0%)
- Fig. 4.3 CO variation according to engine speed (at ethanol 10%)
- Fig. 4.4 CO variation according to engine speed (at ethanol 20%)
- Fig. 4.5 CO variation according to engine speed (at ethanol 30%)
- Fig. 4.6 CO variation according to engine speed (at ethanol 40%)
- Fig. 4.7 CO variation according to engine speed (at Ethanol 0, 50, 60, 85% and maximum torque)
- Fig. 4.8 CO variation according to ethanol mixing rate (at 1000rpm)
- Fig. 4.9 CO variation according to ethanol mixing rate (at 1500rpm)
- Fig. 4.10 CO variation according to ethanol mixing rate (at 2000rpm)
- Fig. 4.11 CO variation according to ethanol mixing rate (at 2500rpm)
- Fig. 4.12 CO variation according to ethanol mixing rate (at 3000rpm)
- Fig. 4.13 NOx variation according to engine speed (at ethanol 0%)
- Fig. 4.14 NOx variation according to engine speed (at ethanol 10%)
- Fig. 4.15 NOx variation according to engine speed (at ethanol 20%)
- Fig. 4.16 NOx variation according to engine speed (at ethanol 30%)

Fig. 4.17 NOx variation according to engine speed (at ethanol 40%)

Fig. 4.18 NOx variation according to engine speed
(at ethanol 0, 50, 60, 85% and maximum torque)

Fig. 4.19 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 1000rpm)

Fig. 4.20 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 1500rpm)

Fig. 4.21 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 2000rpm)

Fig. 4.22 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 2500rpm)

Fig. 4.23 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 3000rpm)

Fig. 4.24 Fuel consumption rate variation (at ethanol 0%)

Fig. 4.25 Fuel consumption rate variation (at ethanol 10%)

Fig. 4.26 Fuel consumption variation(at ethanol 20%)

Fig. 4.27 Fuel consumption variation(at ethanol 30%)

Fig. 4.28 Fuel consumption variation(at ethanol 40%)

Fig. 4.29 Fuel consumption rate variation(at 1000rpm)

Fig. 4.30 Fuel consumption rate variation(at 1500rpm)

Fig. 4.31 Fuel consumption rate variation(at 2000rpm)

Fig. 4.32 Fuel consumption rate variation(at 2500rpm)

Fig. 4.33 Fuel consumption rate variation(at 3000rpm)

Fig. 4.34 CO variation according to torque and ethanol (at 1000rpm)

Fig. 4.35 CO variation according to torque and ethanol (at 1500rpm)

Fig. 4.36 CO variation according to torque and ethanol (at 2000rpm)

Fig. 4.37 CO variation according to torque and ethanol (at 2500rpm)

Fig. 4.38 CO variation according to torque and ethanol (at 3000rpm)

Fig. 4.39 NOx variation according to torque and ethanol (at 1000rpm)

Fig. 4.40 NOx variation according to torque and ethanol (at 1500rpm)

Fig. 4.41 NOx variation according to torque and ethanol (at 2000rpm)

Fig. 4.42 NOx variation according to torque and ethanol (at 2500rpm)

Fig. 4.43 NOx variation according to torque and ethanol (at 3000rpm)

Fig. 4.44 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol
(at 1000rpm)

Fig. 4.45 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol
(at 1500rpm)

Fig. 4.46 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol
(at 2000rpm)

Fig. 4.47 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol
(at 2500rpm)

Fig. 4.48 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol
(at 3000rpm)

ABSTRACT

The Effect of Ethanol Mixing Rate on the Exhaust
Emissions and Performance of a Gasoline Engine

Hong-II Park

Department of Mechanical Engineering, Graduate School
Korea Maritime National University
Busan, Korea

(Supervised by Professor Kweonha Park)

Rapid growth of automobile industry has become a major reason for energy consumption and environmental pollution around a large city seriously. Saving energy greatly effects on the countries that do not have energy sources, so saving energy and varying energy source are demanded. As the one of the measures for saving energy of varying energy source, the technology using alternative fuel has been developed.

There are some alternative fuels such as ethanol, methanol, natural gas, electricity, hydrogen, alcohol which can be substitute for gasoline or diesel fuel. Ethanol is interesting as a fuel of automobile, because it is able to be used without retrofitting conventional gasoline engines. Therefore, ethanol must be considered as a fuel of automobile by the countries not having sufficient fuel source.

Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) used for increasing Octane number of gasoline and increasing oxygen content becomes a current issue.

Nevertheless, MTBE has a big problem for causing to another environmental pollution widely. Therefore, an alcohol fuel is expected as a substitute fuel for MTBE.

In this study, the effect of ethanol mixing rate on exhaust emissions, fuel consumption rate and engine torque is tested in a gasoline engine without any retrofit. mixing rate is varied from 0% to 85% and engine speed and torque are also varied.

The result show ethanol mixing rate of 10 to 15% is considered as a suitable range in order to use the fuel without any retrofit. Maximum torque is decreased with mixing rate increase, but the torque shows similar value in the range of 10 to 15%. The values of CO, HC emission and fuel consumption are similar or slightly increased except the range of 10 to 15%.

I. 序 論

1.1 연구배경

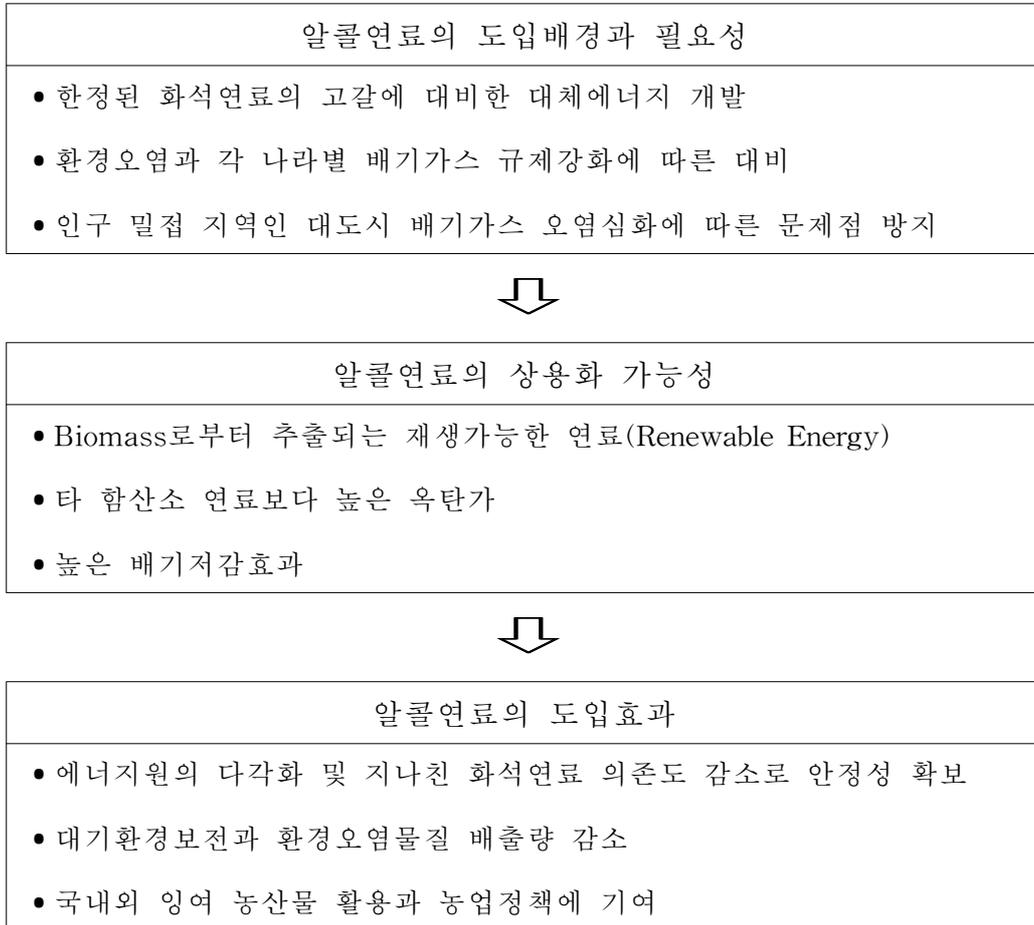
급격한 공업화와 자동차산업의 발달로 자동차보급이 증대되어 1300만대에 이르고 있다. 자동차사용의 증가는 에너지 소모와 환경오염의 주원인이 되고 있고 특히, 대도시와 주변의 대기오염에 심각한 영향을 미치고 있다. 이렇다할 에너지자원이 없는 우리나라로서는 에너지 절약이 경제발전에 중요한 영향을 미치고 있으며 중동사태와 같은 세계 정세에 크게 영향을 받는다. 따라서 에너지 절약과 에너지원의 다변화가 요구된다. 대기환경에 대해서도 자유로울 수 없는 한계를 넘어섰고 환경오염방지를 위한 규제와 기술들이 개발되고 있다. 대체연료는 에너지절약과 에너지원의 다변화 및 청정에너지로서 기술 개발이 요구되고 있다 [1].

대체에너지는 에너지원의 다양화에 기여하고 화석자원이 갖는 유한성의 극복과 지구 환경에 크게 이바지하며 보다 깨끗한 에너지라는 장점이 있다. 대체에너지는 미래 에너지의 핵이며, 차세대의 산업동력으로 가장 주목을 받고 있다. 현재까지 가솔린 대체연료로서 사용 또는 개발중인 저공해 연료로서는 메탄올, 천연가스, 전기, 수소, 에탄올 등이 있으며 이중 에탄올 연료는 기존 사용되는 내연기관의 구조를 크게 변형시키지 않고도 사용이 가능하고 중단기적인 관점에서 가장 환경 친화적이고 경제성 있는 기술로서 연구가 활발히 진행중이다. 가솔린에 에탄올을 혼합한 기술은 기관의 압축압력, 연료 절약, 연소 특성의 개선과 유해배출가스 저감 등을 목표로 연구가 활발하게 진행되고 있다 [6]~10].

따라서, 우리나라에서도 대체에너지인 연료용 에탄올의 개발 및 조기상용화 필요성은 국가경제 및 안보측면에서 매우 중요한 의미를 가지므로, 지금까지 각 나라별로 수행한 연료용 에탄올의 경제성 연구와 주행실험 결과를 바탕으로 구체적인 시범보급을 위한 사업운영 계획을 수립하고 있다. 또한, 실용화시 휘발유와 가솔린의 선택 성향을 종합적으로 분석하여 향후 석유고갈로 인한 대체 연료로서 보급 가능성 및 MTBE의 문제점을 보완하기 위한 기초자료를 확보하는 연구들이 진행되고 있다.

이상의 내용을 정리하면 Table 1.1과 같다.

Table 1.1 Reason for ethanol application



Bio mass의 보급이 에너지 보완 및 환경 문제의 해결책인 동시에 새로운 농업산업의 개발이나 취업 기회의 창출에도 연결되기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 된다고 기대하고 있기 때문입니다. 이러한 연구개발 결과 최근 bio mass로부터 정제한 에탄올 및 메탄올에 가솔린을 혼합하여 사용하는 방법이 가장 보편적으로 사용되고 있으며, 이때 가솔린에 10% 에탄올을 혼합한 것을 가소홀(gasohol)이라고 한다. 가소홀은 미국에서 상품명(trade name)으로 등록된 용어로 무연휘발유 90%, 연료용 무수 알콜(power alcohol) 10%의 혼합연료를 말한다 [11]~[15].

연료용 에탄올은 biomass인 농산물(옥수수, 사탕수수, 감자 등)로부터 추출되는 재생 가능한 연료(renewable energy)로서, MTBE등 기존의 함산소 연료에 비해 환경오염방지 및 옥탄가 향상효과가 우월하여 현재 세계적으로 새로운 대체에너지로서 각광을 받고 있다. 따라서 우리나라의 지나친 화석연료의 의존도를 감소시키고 지구환경보전을 위해서 국제적 추세에 부합하는 대체연료인 연료용 에탄올의 개발 및 조기상용화 필요성은 국가경제 및 안보 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 이와 동시에 자동차 배출가스로 인한 환경오염이 심각해지면서 법적인 대응책으로 에탄올 연료기술의 개발이 요구된다.

1.2 연구목적

최근에 휘발유의 옥탄가 향상 및 산소함량 증가용 첨가제로 많이 이용되는 Methyl Tertiary Butyl Ether(MTBE)에 의한 지하수 오염 문제가 대두되고 있는데 국내외를 막론하고 MTBE를 포함한 휘발유의 사용이 많은 곳에서는 대기, 물, 토양 및 지하수가 MTBE에 의하여 광범위하게 오염된 것으로 추정하고 있다.

미국에서는 정책적으로 MTBE 연료를 에탄올로 전환중이다. 이와 같이 미국내에서 MTBE 사용량이 줄어들고 있음에도 불구하고 미국 지하수의 약 8%에서 MTBE가 검출되었다. 우리나라에서는 아직 관심의 대상이 되지 못하는 현실이 안타까운 실정이다. MTBE는 1979년부터 무연휘발유의 옥탄가 향상제로 사용되었으나, 1990년 휘발유내의 산소의 함량을 중량비로 최소 2.7%로 유지하게 한 미국의 Clean Air Act 수정안에 일산화탄소 오염이 심각한 지역에 대해 휘발유의 완전산화를 보조하는 산소첨가제로 사용되기 시작하였다. 현재 미국에서 산소첨가휘발유(Oxyfuels)의 MTBE의 평균 부피 비는 3.4%로 지역별 및 계절별로 함량이 조금씩 변화하며, 한대지역에서는 부피 비로는 최고 15%까지 첨가되고 있다. 이외에도, 1994년부터는 오존을 유발하는 물질인 벤젠, butadien, formaldehyde, acetaldehyde 등과 같은 유독한 휘발성 유기물질(VOCs)을 제어하기 위한 재합성 휘발유(reformulated gasoline) 프로그램이 시작되어 평시에도 휘발유 내 MTBE를 11%까지 첨가하게 되었다. 이상과 같이 휘발유의 옥탄가 향상제에서 대기오염방지, 특히 자동차 배기가스중의 일산화탄소를 감소시키기 위한 산소첨가제 및 독성물질 저감제로 사용됨에 따라 국내에서의 MTBE 생산량이 매년 급증하고 있다. 우리나라의 경우도, 1993년 환경보전법에 의하여 MTBE의 휘발유 배합이 의무화되었으며, 국내의 휘발유도 MTBE 함량이 6~8%정도이다.

이처럼 국내외를 막론하고 MTBE의 사용이 초기에는 대기오염물질의 저감으로 인식되었던 것이 지금은 MTBE에 의한 지하수의 광범위한 오염으로 인해 인체에 미칠 영향에 대한 연구가 매우 중요하게 대두되었고 이에 대한 적절한 독성 규제 권고안이 마련되고 있다. 미국 알래스카 주의 Fairbanks와 Anchorage등에서 MTBE를 포함한 휘발유의 시판과 관련하여 두통, 현기증이 보고되었고, 인체에 대한 가장 중요한 MTBE의 독성은 발암성인데 쥐를 이용한 동물실험에서 고농도(3,000~8,000ppm)의

MTBE를 음식물과 증기로 1년 이상 주입시킨 결과, 발암의 빈도가 증가되는 것이 확인되기도 하였다. 유한적인 화석유 에너지원의 다변화와 환경문제에 대한 인식의 보편화와 MTBE 사용 반대로 청정 합산소 연료로서 에탄올 사용이 크게 증가될 것으로 예상하고 있다. 특히, 미국은 잉여 농산물의 경제성 제고와 에너지 안보문제 차원에서 에탄올 증산 정책과 함께 전망이 매우 밝은 실정이다.

휘발유 첨가제인 MTBE의 문제점과 대안으로 에탄올을 첨가하였을 경우의 장단점은 Table 1.2과 같다 [15][16][17][18][43].

Table 1.2 Comparison of ethanol to gasoline fuel

장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 옥탄가 증가로 엔진기능이 원활해져 노킹현상을 감소한다. • 배출가스(CO, HC)양이 감소한다. • 기존엔진을 구조변경 없이 사용할 수 있다. • 연소실 세척작용을 한다. • 농촌경제에 도움을 준다
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 에탄올 연료는 발열량이 낮기 때문에 연료탱크의 용적을 증대해야한다. • 혼합비가 희박하면 출력이 떨어진다. • 자연환경적으로 원료를 수입해야한다. • 다소 주행거리가 줄어든다. • 아세트알데히드(CH₃CHO)를 배출 한다.

Gasohol 사용에 따른 연료 장점으로는 무연 휘발유에 비하여 옥탄가(octane number)를 향상시켜 주행연비(연료 단위부피 당 주행거리)를 높인다. 옥탄가 향상제로서 일반적으로 10% 에탄올 혼합시 3%이상 연비향상을 기대할 수 있다. 이러한 장점 때문에 세계 각국에서 활발히 에탄올 연료의 사용이 증가하고 있다 [20][19].

본 논문에서는 상기와 같이 많은 장점을 가지고 있으며 개발이 꼭 필요한 에탄올을 가솔린 연료에 혼합하여 혼합정도에 따른 엔진 성능과 배기 특성을 실험 분석하고자한다.

II. 理論的 考察

2.1 가솔린연료의 특성

2.1.1 가솔린 첨가제

첨가제에 대한 규정이 정해져 있지는 않으나 연료품질과 성능향상, 공급기간 동안의 기준유지 등을 위해 수많은 종류의 첨가제가 사용되고 있다. 일반적으로 첨가제의 가격은 매우 고가이며 엔진에 미치는 영향으로는 엔진 성능향상과 수명 연장, 퇴적물 감소, 운전성 및 연료 소비율 향상 등 수많은 효과가 있다 [18][37].

- 엔티 노크제(antiknock agent) : 가솔린 기관에 발생하는 노킹 현상을 방지하기 위하여 가솔린 첨가제로는 이소파라핀, 올레핀, 방향족 등의 탄화수소를 많이 포함하는 가솔린은 엔티노크성이 높다. 또, 테트라에틸납 등의 첨가제를 첨가함으로써 가솔린의 엔티 노크성을 향상시킬 수가 있다.
- 산화방지제 酸化防止劑 (antioxidant) : 고분자물질, 석유제품, 유지류, 비누 등에 생기기 쉬운 산소의 작용에 의한 자동산화를 방지하기 위해 첨가하는 물질을 말한다.
- 금속활성 저하제 : 금속, 특히 구리나, 황화구리 등은 극히 미량이라도 가솔린과 접촉하면 현저하게 산화됨으로, 금속의 활성을 억제하기 위하여 N · N'-디살리실리덴-2'-아미노프로판 등이 첨가제로 사용된다.
- 동결 방지제 : 고급 알콜을 2 % 가량 첨가한다. 아닐롤이라는 아닐린-알콜 혼합액도 사용된다.
- 조기발화(早期發火) 방지제 : 산화 납이 생기거나 탄소가 침적(沈積)하는 것을 방지하기 위하여 코발트 및 크롬의 나프텐산 비누 등이 첨가된다.
- 착색제 : 가솔린의 종류와 옥탄값의 급수를 표시하기 위하여 첨가하는 것으로, 자동차용 가솔린에는 적색, 비행기용 가솔린에는 청색, 보라색 등의 색소가 사용된다.
- 다기능 첨가제 : 한 종류의 약제로 여러 가지 기능을 다하는 것으로, 예를 들면 계면활성제는 기화기(氣化器) 빙결 방지제, 녹 방지제, 청정제로 널리 이용된다.

2.1.2 옥탄가(Octane number)

가솔린 연료의 내폭성과 연료가 이상연소를 일으키지 않고 정상연소할 수 있는가의 연료평가 지표가 된다. 노킹 및 조기점화를 방지하기 위하여 연료가 자가착화를 일으키기 어려운 성질, 즉 안티 노크성을 나타내기 위한 지수이다. 옥탄가의 결정은 안티 노크성이 큰 이소옥탄의 안티 노크성을 100, 안티 노크성이 아주 작아 폭발하기 쉬운 노말헵탄의 안티 노크성을 0으로 한다.

어떤 연료를 CFR engine에서 압축비를 변화시켜 가면서 운전하여 일정 압축비에서 노킹이 발생하면 이 압축비에서 이소옥탄과 정헵판이 용적 비율로 혼합된 표준연료가 같은 강도의 노킹을 일으켰다면 이 표준연료 중의 이소옥탄의 혼합 비율을 측정하고자 하는 임의의 연료의 옥탄가라고 한다.

- 로드 옥탄가(road octance number) : 자동차가 주행상태에 있을 때의 연료의 안티 노크성을 구하는 방법이다.
- 퍼포먼스 넘버(performance number) : 옥탄가가 100이상의 가솔린에서는 이소옥탄만으로 옥탄가를 측정할 수 없기 때문에 4에틸 납을 혼합하여 측정하는 방법이다.
- 옥탄가 = $\frac{\text{이소옥탄}}{\text{이소옥탄} + \text{정헵탄}} \times 100$

고옥탄가 연료를 사용하면 엔진성능이 향상되고 연비가 좋아진다는 이야기들이 있으나 이는 전적으로 옥탄가에 대한 잘못된 인식이며 사용자의 입장에서는 자동차 제조회사가 추천한 옥탄가의 연료만 사용하면 충분하다.

2.1.3 가솔린

일명 휘발유라고도 한다. 내연기관용 연료, 석유화학 원료, 용제(溶劑) 등으로 쓰이는 중요한 석유제품이다. 원유의 성질과 상태나 처리방법에 따라 파라핀계, 올레핀계, 나프텐계, 방향족계 등 각종 탄화수소의 혼합비율이 다르다. 용도에 따라 공업가솔린, 자동차 가솔린, 항공가솔린 등으로 나눌 수 있고, 제조법에 따라 분류하면 직류(直溜)가솔린, 분해가솔린, 중합가솔린, 천연가솔린, 인조가솔린, 개질가솔린 등으로 나뉜다.

직류가솔린은 단순히 원유의 증류만으로 얻을 수 있는 가솔린이고, 분해가솔린은 끓는점이 높은 석유유분(石油溜分)을 열분해 또는 접촉분해에 의해 끓는점이 낮은 석유로 변화시켜 얻는다. 중합가솔린은 분해가스(특히 이소부텐)의 중합이나 이소올레핀과 이소파라핀의 축합에 의해 제조되며, 화학 구조적으로 볼 때 엔티 노크성(antiknock 性)이 좋은 고급가솔린이다. 천연가솔린은 유전에서 나온 습성 천연가스에 함유되어 있는 비교적 끓는점이 낮은 가솔린으로, 흔히 케이싱 헤드 가솔린(casing head gasoline)이라고도 한다. 인조가솔린은 석탄액화 또는 수소와 일산화탄소로 합성한 것이다. 개질 가솔린은 직류가솔린을 개질하여 만든다.

2.1.4 무연 가솔린

납을 첨가한 가솔린에는 납이라는 유독물을 첨가하였다는 표시로서 자동차용은 붉은 빛깔, 그리고 항공기용은 푸른 빛깔로 착색되어 있는 것이 상례이다. 무연가솔린은 자동차 배기가스에 섞여서 나오는 납으로 인한 오염과 피해를 절감하려는 노력이며 매우 중요한 연구과제이다. 즉, 가솔린의 옥탄값을 높이기 위해서 테트라에틸납 등 알킬 납이 첨가되는데 이 납이 배기가스와 함께 방출됨으로써 인체에 나쁜 영향을 미치는 것은 물론, 배기가스 중의 일산화탄소 또는 탄화수소의 양을 감소시키기 위해 설치한 촉매식 배기가스 정화장치의 촉매에도 나쁜 영향을 미침으로써 정화기능을 저해하기 때문에 문제가 유발된다. 한편, 무연가솔린을 사용한 경우에는 납을 첨가한 가솔린을 사용하는 경우보다 배기가스 중의 탄화수소 HC도 증가하고, 또 유해한 알데히드도 10-14% 증가한다는 문제가 있다.

2.1.5 휘발성 규제에 의한 연료특성변화

증발가스의 증가는 당연히 연료 휘발성에 대한 규제의 필요성을 가져왔다. 1998년에 EFA phase I Volatility Control 프로그램이 시행되었으며, 6월1일부터 9월15일 사이에 시판되는 가솔린의 증발압력(RVP)을 9.0-10.5psi에서 1989년에는 9.0psi로 크게 낮아졌다. 1992년에 phase II 프로그램을 시행하였으며 이때는 6월1일부터 9월15일 사이 판매되는 가솔린의 RVP는 9.0psi이하로 규정하였다. 특히 오존 미달성(ozone non-attainment) 지역은 규제기간 동안 RVP 7.8psi 이하로 규제하였다.

2.1.6 Clean Air Act 수정안에 의한 연료특성변화

1990년 11월 부시 대통령에 의해 발표된 Clean Air Act 수정안은 전국의 대부분 CO 문제지역(CO non-attainment area)은 1992년부터 합산소연료를 사용하고, 특정 오존문제지역은 1995년부터 reformulated gasoline(개질 연료 : 원유(原油)를 증류해서 얻어지는 직류(直溜)가솔린의 옥탄 값을 높이기 위해 주로 촉매에 의한 화학반응처리로 품질을 개선한 연료를 개질유라고도 하는데, 안정도가 높고 가연성도 좋다.) 사용을 의무화 하였다. 오존문제와 관련된 reformulated 가솔린의 정의가 간단하지 않아 현재는 미국 EPA에서 제시한 simple model Table 2.2을 기준으로 사용되고 있으며, 1995년과 1996년의 6월1일부터 9월15일 사이에 판매되는 가솔린은 이 기준에 만족하여야 한다 [18][27][37].

Table 2.2 EPA Simple model for reformulated gasoline standard

Components	Contents
• Benzene	• 1.0 volume % maximum
• Volatility	• 7.2 psi vapor pressure in class B areas • 8.1 psi vapor pressure in class C areas
• Sulfur,olefins,90%point	• Capped at the average values of the refiner's 1990 gasoline
• NOx	• No net increase
• Oxygen	• 2.0 weight % minimum year round

개정된 Clean Air Act 수정안에는 또한 anti-dumping 조항이 포함되어있고 모든 납 및 중금속 성분을 제거하도록 규정하고 있다. 또는 1995년부터 시판되는 가솔린에 연료공급시스템의 퇴적을 방지할 수 있는 첨가제 사용을 요구하고 있으며 이것은 연소실과 흡기 밸브 퇴적물도 동시에 줄일 수 있을 것으로 예상하고 있다.

Table 2.3은 1990년 개정된 Clean Air Act 내용을 정리하였으며, Table 2.4은 현재 유럽과 미국에서 사용되는 대표적인 가솔린의 성분 예이다. 그리고, Table 2.5는 우리나라의 현행 자동차 연료규격이다.

Table 2.3 Amendment Clean Air Act rules in 1990

	Oxygenated Gasoline	Reformulated Gasoline
Areas affected	CO non-attainment	Ozone non-attainment
Effective from	Nov. 1992 (winter months)	1995 (all year)
Oxygen content(vol.)	2.7% minimum	2% minimum
RVP(summer/winter)		7.2/8.1 psi (50/56 kPa)
Benzene VOC's(vol%)		1% maximum (25%)
Reduced in air toxics(vol%)		15% (15%)

Table 2.4 America and Europe's typical ingredient of gasoline

Gasoline Composition	U.S.A	Europe
Aromatics (vol%)	32	42
Benzene (vol%)	2	3
RVP (kPa)	62	76
Olefins (vol%)	12	5
T90 (C)	166	160
Sulphur (ppm)	350	240

Table 2.5 Korea typical ingredient of gasoline

Fuel Item		Model Year	Feb. 2, '91- Dec.31, '92	Jan. 1, '93- Dec. 31, '95	Jan. 1, '96
Gasoline	Aromatic Compound (Vol.%)			Max. 55	Max. 50
	Benzene(Vol.%)			Max. 6	Max. 5
	Lead(g/liter)		Max. 0.013	Max. 0.013	Max. 0.013
	Phosphorous (g/liter)		Max. 0.0013	Max. 0.0013	Max. 0.0013
	Oxygen (Weight %)			Man. 0.5	Man. 1.0
Diesel	10% Residuals Carbon(%)		Max. 0.20	Max. 0.15	Max. 0.15
	Sulphur (Weight %)		Max. 0.4	Max. 0.2	Max. 0.1

2.2 자동차 배출가스 규제 및 대책기준

2.2.1 세계의 규제

자동차에 대한 배기가스는 차종별로 규제가 다양하므로 여기에서는 가솔린 승용차와 디젤승용차만 각 나라별 규제 현황을 살펴보기로 하겠다. 승용차의 배기가스 배출규제는 미국, 유럽 등 대부분의 나라에서 사용연료에 따라 구분하지 않고 동일하게 규제하고 있다. 다만 휘발유 자동차는 증발가스를 경유자동차는 입자상 물질을 별도로 규제하고 있다.

Table 2.6은 휘발유 승용차 배출가스 허용기준 비교이다.

Table 2.6 Permitted limit comparison of exhaust gas from gasoline car

국명	적용년도	시험방법	단위	배출가스 허용기준			
				THC	NMHC	CO	NOx
한국	90-99 2000이후	CVS-75	g/km	0.25 0.16		2.11 2.11	0.62 0.25
미국	87-93 94-02	FTP-75	g/m		0.25	3.4 3.4	1.0 0.4
캘리포니아주	94(TELV) 97(LEV) 98(ULEV) 98(ZEV)	FTP-75	g/m		0.125 0.075 0.040 0	3.4 3.4 1.7 0	0.4 0.2 0.2 0
EC	92이후	ECE-15+ EUDC	g/km	HC+NO _x 0.97/1.13		2.72/ 3.16	
일본	78이후	10.15모드	g/km	0.39	2.7	0.48	

캘리포니아 주에 있어서는 1997년부터 현재의 미국 연방정부 규제보다 HC 70%, NOx 50%가 강화된 LEV를 주종으로 보급할 계획이며 이는 현재 우리나라 배출가스 허용 기준보다 HC 81%, NOx 80% 강화된 수준으로 아주 엄격한 규제이다.

미국 연방정부에서는 1994년 모델 자동차부터는 자가 고장진단 장치를 설치하도록 하고 저온(-7℃) CO 규정제를 실시하며 연료 주입시 HC증발가스 규제를 한다.

우리나라 디젤승용차의 허용기준은 현행 미국과 같은 엄격한 기준을 적용하고 있으며 2000년부터는 미국의 1994년 규제수준으로 강화되었다. 캘리포니아주에 있어서는 디젤승용차에 있어서도 휘발유승용차와 마찬가지로 규제가 강화된다. 일본에 있어서도 2000년 전에 입자상 물질을 평균 0.08g/km로 현재보다 60%가 강화된다. 유럽도 디젤승용차의 NOx 0.7g/km, 입자상 물질 0.08g/km, 1999년부터 NOx 0.5g/km, 입자상 물질 0.04g/km로 강화할 계획이다.

Table 2.7은 디젤 승용차 배출가스 허용기준 비교이다.

Table 2.7 Permitted limit comparison of exhaust gas from diesel car

국명	적용년도	시험방법	단위	배출가스 허용기준			
				THC	NOx	CO	PM
한국	93-95	CVS-75	g/km	0.25	0.62	2.11	0.12
	96-99			0.25	0.62	2.11	0.08
	2000이후			0.25	0.62	2.11	0.05
미국	87-93	FTP-75	g/m	0.41	1.0	3.4	1.0
	94-02				1.0	3.4	0.4
EC	92이후	ECE-15+ EUDC	g/km	HC+NOx 0.97/1.13		2.72/ 3.16	0.14/0.18
일본	90-93 94	10.15모드	g/km	0.39	2.7	0.48	

2.2.2 우리나라의 배출가스 허용 기준표

우리나라에서 2005년도에 디젤 승용차 도입을 앞두고 있는 시점이며, 우리나라만 별도로 대기환경보전법시행규칙(제67조) 관련규정에 의한 승용차배출가스 허용기준을 알아보기 한다. 국내외를 막론하고 앞으로 배출가스 허용기준은 계속해서 강화될 전망이다. 우리나라에서도 배출가스규제는 Table 2.8과 Table 2.9와 같다.

Table 2.8 Exhaust gas of gasoline and gas car per each year

년도	차종	CO	NOx	탄화수소			포름알데이드	측정방법
				배기관 가스	블로바이 가스	증발 가스		
1999. 12.31 이전	가	2.11(2.75) g/km이하	0.40(0.62) g/km이하	0.25(0.3) g/km이하	0g/1주행	2g/test이하		CVS -75 모드
2001. 1.1 이후	승용차	1.06 g/km이하	0.13 g/km이하	0.05 g/km이하	0g/1주행	2g/test이하	0.005 g/km이하	
	다	2.11(2.75) g/km이하	0.25(0.44) g/km이하	0.16(0.25) g/km이하	0g/1주행	2g/test이하	-	
	라	1.13 g/km이하	0.19 g/km이하	0.07 g/km이하	0g/1주행	2g/test이하	0.007 g/km이하	
	라	2.61(3.11) g/km이하	0.37(0.62) g/km이하	g/km이하	0g/1주행	2g/test이하	-	

Table 2.9 Exhaust gas of diesel car per each year

	차종	일산화탄소	질소산화물	탄화수소	입자상물질	매연	측정방법
1999. 12.31이전	승용자동차	1.5 g/km이하	0.62(1.12) g/km이하	0.25 g/km이하	0.08(0.14) g/km이하		CVS-75 모드
2000. 1.1이후	승용자동차	1.2 g/km이하	0.62(1.02) g/km이하	0.25 g/km이하	0.05(0.11) g/km이하		

2.2.3 배기가스의 발생원인 및 대책

자동차에서 배출되는 가스에는 배기파이프로부터 나오는 배기가스, 엔진의 크랭크 케이스로부터의 블로바이 가스(blow-by gas), 그리고 연료탱크나 기화기의 증발가스 등의 3가지로 나눈다. 주성분은 H₂O와 CO₂이며, 그 밖에 CO, HC, NO_x, 납 산화물, 탄소입자 등이 포함되어 있으나, 이 중에서 CO, HC, NO_x가 유해물질이다.

- CO는 연료가 연소될 때 산소가 부족한 상태에서 불완전 연소하였을 때 발생비율이 높다. CO가 인체의 혈액내 헤모글로빈의 산소운반을 방해하므로 인체에 가장 유해한 가스이다.
- HC는 미연소 상태의 휘발유 증발가스로서 실화 또는 연소실벽에 접촉된 혼합기이다. HC가 낮은 농도일 때에는 호흡기 계통에 자극을 줄 정도이지만 산화되면 알데히드류로 변화하여 점막이나 눈에 강한 자극을 준다.
- NO_x는 연소온도가 높을수록 많이 배출되며 압축비를 높여 열효율을 높일수록 많이 배출된다. NO_x는 공기중의 습기와 반응하여 질산으로 변하는데 질산은 부식성이 강하고 매우 위험하며 또한 폐기능을 저하시키고 광화학스모그의 주요 원인이다.

일반적으로 배기가스의 농도는 연료-공기의 혼합비에 의하여 가장 크게 변동하며 이에 따른 배기가스의 배출경향은 Fig. 2.1과 같다.

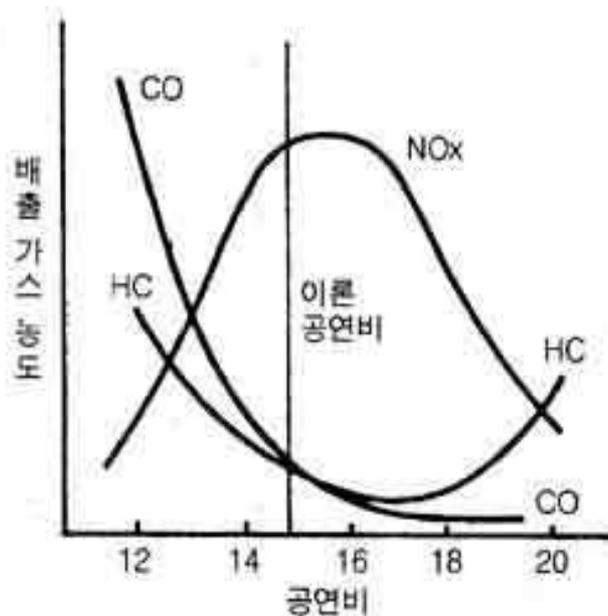


Fig. 2.1 Tendency of exhaust gas

가솔린기관의 유해성분인 CO, HC, NOx 가스별 저감대책을 요약하면 Table 2.10과 같다.

Table 2.10 Reducing plan of exhaust gas

CO, HC가스의 저감 대책	NOx의 저감대책	후처리 방식의 채택
<ul style="list-style-type: none"> • 희박 혼합기의 사용 • 기화기 및 연료공급계통의 개량 • 연소실 형상 및 흡·배기계의 개선 • 점화계의 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • EGR의 채택 • 희박·과농 혼합기의 사용 • 점화지연 채택 • 흡기에 물(H₂O)의 흡수방식채택 	<ul style="list-style-type: none"> • 산화 촉매식 • 환원 촉매식 • 산화, 환원 촉매식 • 삼원촉매방식

대체에너지의 개발 및 환경오염방지의 대책으로서 전기 자동차, CNG기관 자동차, 수소엔진 자동차, 메탄올 자동차, 에탄올 자동차 등의 적극적 개발 보급이 요구된다. Fig. 2.2는 대책기술들에 따른 배기저감특성을 가솔린자동차의 배출량을 100으로 하여 나타낸 것이다.

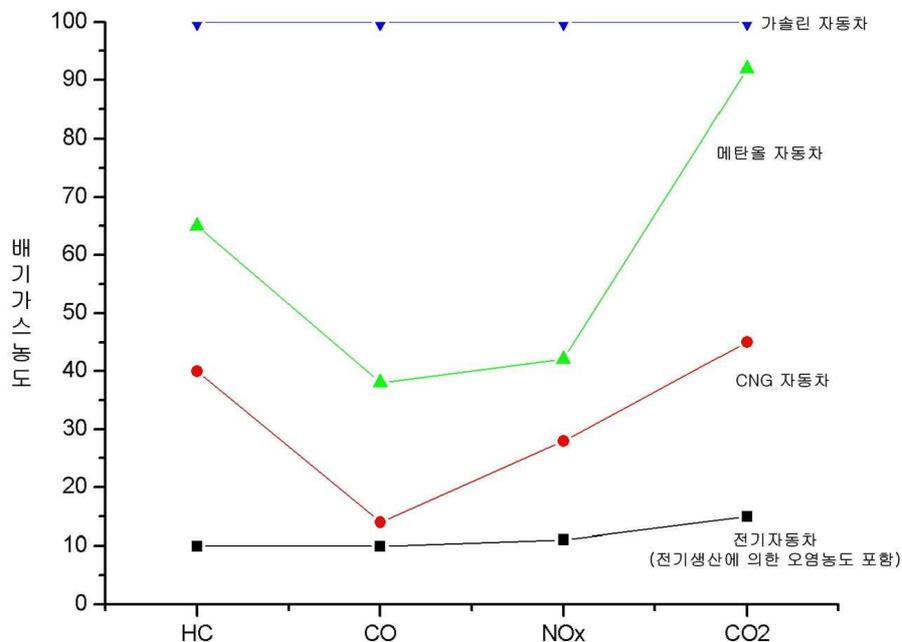


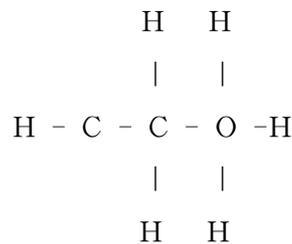
Fig. 2.2 Exhaust gas state from each car

2.3 합산소 연료의 특성

가솔린연료의 합산소제 혼합은 먼저 가솔린연료의 무연화에 따른 옥탄가 보상대책으로 사용되었으며, 또한 CO배출량을 감소시키기 위하여 합산소연료를 의무화함으로써 중요하게 되었다. Table 2.11과 Table 2.12는 합산소 연료의 특성과 옥탄가를 각각 나타낸 것이며, Fig. 2.3은 합산소제의 증류곡선에 미치는 영향에 대해서 나타낸 것이다. 합산소제는 주로 알콜과 에테르류지만 현재 가장 많이 사용되고 있는 성분으로는 MTBE(methyl tertiary butyl ether)와 에탄올의 두 종류이며, 최근 들어 TAME(tertiary amyl methyl ether)와 ETBE(ethyl tertiary butyl ether)도 사용되고 있다 [18][37].

2.3.1 에탄올(Ethanol)

알콜의 원료는 전분질계연료(옥수수, 타피오카, 고구마, 감자)와 당질계원료(사탕수수, 사탕무)를 사용하며, 에탄올(C_2H_5OH)의 분자구조는 아래와 같다.



에탄올혼합 가솔린은 일반 가솔린에 비해 연소를 향상시켜 CO 배출량을 감소시키며, 일부 연구에서는 오존발생에 관여하는 배기 성분도 줄인다고 보고하고 있다. 또한 최근에는 에탄올은 가솔린에 비해 지구 온난화를 감소시킨다는 연구 결과도 발표되었다. 에탄올은 이미 미국 내에서 판매되고 있는 가솔린에 8%가량 함유되어 있다. 그러나, 에탄올 가격이 가솔린 보다 비싸기 때문에 혼합비율을 10vol%로 제한하고 있다. 물론, 대량생산하면 가격을 싸게 공급할 수 있다. 그리고, 10% 에탄올 혼합시 옥탄가는 2.5-3.0% 상승하며 증발압력(RVP)은 1.0psi 정도 상승한다.

2.3.2 MTBE(methyl tertiary butyl ether)

MTBE(methyl tertiary butyl ether)는 메탄올과 이소부탄의 화학반응으로 제조하며 가솔린내 MTBE 함량은 최대 15vol%로 한정하고 있다. 현재 미국 내의 판매 규모는 가솔린판매량의 20-25% 수준이나 가솔린에의 혼합비율은 6-8% 정도가 일반적이다. 또한, 아시아-태평양 각국들의 휘발유에 MTBE 사용량을 보면 한국 6.4%, 일본 0.3%, 태국 4.7%, 인도 1.4%로서 평균 1.6%에 비하여 우리나라는 약3-4배 많이 사용되고 있음을 알 수 있다. MTBE 자체에 포함된 메탄올, 부탄 등이 불완전연소시 유독가스인 HCHO를 발생하여 인체에 유해하다는 것이 밝혀지면서 지속적인 MTBE 사용시 문제점에 대해 검토가 진행되고 있다. 특히, 캘리포니아에서는 2005년에 MTBE 사용을 전면 중지시킬 예정인 것으로 보도되면서 이로 인하여 MTBE를 대체할 수 있는 새로운 대안이 필요하게 될 것이고 에틸알콜 같은 고-옥탄 산화물이나 기타 비산화물 배합제가 이에 해당될 것이라고 한다. 에틸알콜은 건강에 미치는 영향에 대하여 계속 연구가 진행중이고 아직 결론이 나지 않은 상태라는 것이다.

2.3.3 TAME(tertiary amyl methyl ether)

최근에 사용되기 시작했으며 성능은 일반적으로 MTBE와 거의 비슷한 것으로 알려져 있다. 가솔린 혼합 최대 허용량은 16.7vol%이며 이때의 산소함량은 2.7wt%이며 옥탄가는 3.0 정도 상승시킨다. TAME는 메탄올과 isoamylen으로 부터 만들어지며 혼합시 가솔린의 증기압을 낮추어 준다.

2.4.4 ETBE(ethyl tertiary butyl ether)

에탄올이 원료인 etbe(에틸 t-부틸 에테르)은 가솔린에 혼합하여 사용되고있으며, 아직 상업적인 상품으로 개발되어 있지는 않지만 곧 실용화 될 것이며, 최대허용량은 17.2vol%으로 이때의 옥탄가 증가가 3point 정도이며 에탄올과 isobutylene의 화학반응에 의해 생성된다. 현재까지는 한 연료에 한가지 함산소제만 사용되어 왔으나 미국 EPA(미:환경 보호청)에서는 함산소율을 2.7% 이내로 만족하는 범위에서 동시에 몇 종류의 혼합을 허용하고 있다. 함산소 연료와 개질 가솔린의 요구를 동시에 만족하기 위해서 이와 같은 복합적 사용이 일반화 될 것으로 예측된다.

Table 2.11 Characteristics of fuel including oxygen

분 류	에탄올	메탄올	MTBE	ETBE	Isooctane	가솔린
분자식	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ OH	(CH ₃) ₃ COCH	(CH ₃) ₃ COCH	C ₈ H ₁₈	C ₄ -C ₁₂
몰질량(g/mol)	46.07	32.04	88.15	102.18	114	
밀도(kg/L)	0.790	0.795	0.740	0.750	0.692	0.75
이론공연비	9.02	6.48	11.69	12.10	15.1	
산소(wt%)	37.0	50.5	18.20	15.75	0.0	0.0
추천최대함량	10%이내	5%	15%	17.2%		
블렌딩후산소함량	3.5%	2.5%	2.7%	2.7%		
저위발열량(MJ/kg)	26.78	19.92	35.27	36.03	44.42	42-44
증발열(NJ/kg)	0.93	1.17	0.32			
비점(°C)	78.3	64.7	328.6	344.8		35-210
Flash Point(°C)	285	280	245			
발화온도(°C)	420	470	733			
Blending Reid vapor pressure	20	60	8	4		

Table 2.12 Comparison of octane numbers

	보통 희발유	가소홀(E10)	MTBE	에탄올
옥탄가	87	90	119	129

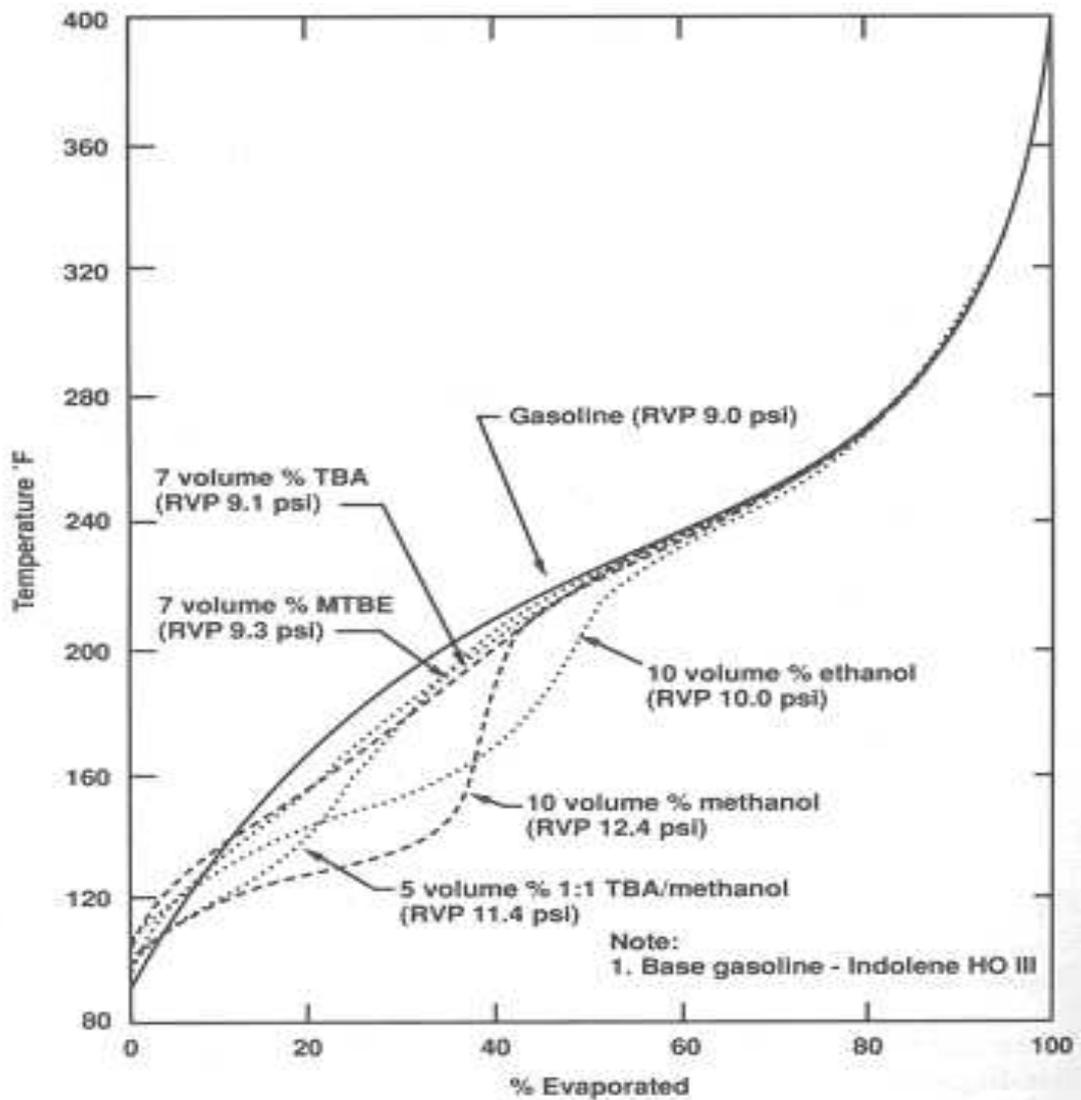


Fig. 2.3 Distillation curves by oxygenates

2.4 세계 알콜연료의 개발 및 사용현황

대체연료가 자동차 연료로서의 가능성을 인정받으면서 대체에너지에 대한 연구는 최근 들어 천연가스, Bio Mass, 에탄올, 메탄올 등 여러 분야에 걸쳐 진행되고 있다. 세계 최대의 에탄올 생산국가는 브라질이며, 최대 수요 국은 미국으로 나타났다.

두 나라의 경우 자동차 연료용 에탄올은 발효 제조가 주를 이루고 있으며, 70년대 중반 원유가의 상승으로 인해 발효 알콜의 제조가 증가했고, 최근에는 CAAA(Clean Air Act Amendment)등 환경문제와 관련, 에탄올 수요가 증가할 것으로 전망된다. 서유럽의 알콜 제조는 곡물 원료가 약 70%로 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 일본의 경우는 약 46%가 합성 알콜이고 나머지가 발효에 의한 것이며, 합성 알콜은 주로 용제 및 화학용으로 사용되고 발효 알콜은 식품공업용인 것으로 나타났다. 일본의 에탄올 공급은 정부에 의해 통제되고 있으며 93년에서 98년까지 연평균 성장률은 약 2.2%가 될 것으로 전망된다 [45][46][47].

지금도 세계 각 국에서 연구가 활발히 진행중이며, 각 나라별 생산량을 살펴보면 Table 2.13과 같다.

Table 2.13 Fuel, industrial and potable alcohol production in worldwide(1999)

Country	Production(billion liters)	Raw material
Brazil	14.0	Sugar cane, beets
USA	5.3	Cereal grains (mostly corn)
Europe	4.3	Cereal grains, beets
Russia	2.5	Cereal grains, beets
World production	8.0	1350 Distilleries in Asia
Sum	34.1	

2.4.1 브라질

브라질은 1970년대부터 설탕 및 사탕수수로부터 얻어지는 에탄올을 자동차 연료로서 사용하고 있다. 에탄올연료의 사용량이 증가함에 따라 에탄올 전용자동차가 점차 보급되어 현재 약 400만대 정도가 대체 연료인 “E96” (에탄올)을 사용하고 있다. 최근에는 휘발유차에 에탄올 연료를 직접 주입하는 방식을 도입하여 기존 가솔린에 약 22%의 에탄올을 혼합한 가솔린 “E22” 을 개발하여 브라질 자동차의 600만대 이상이 사용하고 있다. 브라질 정부는 알콜자동차 사용자에게는 차량 구입세와 등록세를 낮추고 차량 용자 등 각종 인세티브를 주고 있으며, 에탄올 가격이 가솔린의 65%를 넘지 않도록 보증을 하여 에탄올 사용시 가솔린 연료에 비해 주행시 20%정도의 이익을 얻도록 하고 있다. 브라질은 이러한 방법으로 전체 가솔린 소비량의 50%이상을 연료용 알콜로 대체하였으며, 하루 20만 배럴 이상의 원유 대체효과를 거두고 있다. 이에 브라질 정부는 향후 연료의 핵심원료가 될 것이라는 예측을 통해 에탄올 생산을 확대하고 있으며 이에 대한 연구 및 개발에 전력을 다하고 있다.

2.4.2 미 국

미국은 1999년 8월 빌 클린턴 대통령의 에너지정책에 따라 “다가오는 2010년까지 Bio Mass 에너지 활용에 대하여 기존 1차 에너지의 10%를 대체하도록 한다.” 라고 발표한 이후 이에 따른 다양한 대체에너지 개발 프로그램을 연구하고 있다. 이는 Bio Mass의 보급이 에너지 보완 및 환경 문제의 해결책인 동시에 새로운 농업보호 정책 등으로 인해 알콜 연료 시장이 급격히 팽팽하여 2030년까지는 연간 640억 리터의 알콜이 생산될 전망이다. 이것으로 인하여 알콜 산업의 개발이 취업 창출에도 큰 도움이 된다. 이러한 연구개발 결과 최근 Bio Mass로부터 정제한 에탄올 및 메탄올에 가솔린을 혼합하여 사용하는 방법을 가장 보편적으로 사용되고 있다. 이를 일컬어 가소홀(gasohol)이라 하는데 가솔린과 에탄올을 각각 15:85 비율로 혼합한 에탄올 연료입니다. 가소홀(gasohol)은 옥수수 경작지대를 중심으로 약 20개 주에서 사용되고 있으며, 미국 자동차 연료시장의 약 1%를 차지하고 있다. 특히 사탕수수가 생산되고 있는 주에 있어서의 시장점유율은 가솔린의 40%를 차지하고 있다. 이러한 대체연료개발

및 보급의 추세에 따른 미국 내 자동차 메이커는 가솔린(Gasohol)을 연료로서 승인하고 있으며 GM과 크라이슬러의 경우 이를 추천하고 있다. 메탄올 역시 가솔린과 메탄올의 비율을 15:85로 혼합한 “M-85”의 연구가 진행되어 사용하고 있다. 특히, 디젤자동차의 배기가스 규제에 대비하여 메탄올 사용한 디젤 자동차가 현재 운행중이다. 최근에는 항공기에 알콜을 사용하는 방안이 연구 중이며, 특히, 소형 쌍발기 항공기 엔진에 적용하여 우수한 결과를 얻어서 더욱더 알콜 개발에 적극적이다.

2.4.3 일 본

일본은 현재 알콜 주유소가 전국에 약 300여 개소가 개점하여 판매되고 있을 만큼 대체연료에 대한 활용도가 높다. 일본의 대체에너지에 대한 연구 개발 및 보급에 대한 지원 제도로는 청정연료에 대한 세금 혜택 및 관세 절감 등이 있으며 일본 환경청 주도 하에 개발된 “E-85”의 경우 면세 혜택을 실시하고 있다. 아울러 알콜 연료에 대한 각종 포럼 및 세미나를 개최하는 등 대체연료에 대한 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 특히 일본의 경우는 민간 기업에서 대체연료의 실용화를 위해서 가솔린에 부과되는 세금보다도 많은 혜택을 지방실정에 맞게 지방세를 부과하여 각 현에 세금에 대한 재량권을 부여하고 있다.

2.4.4 유 럽

EU는 2010년에 1990년 레벨의 8%의 온실 효과 가스 삭감을 목표로, 재생가능 에너지의 시장 점유율을 기존 에너지의 12%로 까지 끌어올린다는 계획을 진행하고 있다. 또 자동차 대체 연료에 관해서는 2005년까지 화석 연료 5%를 바이오 연료로 대체한다고 발표하였다. 유럽의 경우 식물에서 채취한 RME(메탄올 에테르)은 가솔린에 혼합하여 사용되고 있다. EU의 에너지 이용 계획을 보면, 태양전지(약 1%), 풍력발전(약 19%), 바이오 매스(약 80%)가 차지하고 있으며 특히 바이오 매스(biomass)분야에 대해서는 많은 연구와 투자를 하고 있다. 이를 위하여 유럽은 2015년까지 에너지 개발용 원료인 바이오 작물의 재배를 위한 경지를 최대한 확충할 전망이다.

2.5.5 국내 현황

에탄올은 주류와 연관되어 있어 생산 및 판매가 정부의 통제 아래 이루어지고 있으며, 가격도 정부에 의해 조정되고 있다. 국내에서는 한국알콜산업이 유일하게 합성에탄올을 생산하고 있으며, 음료용 알콜과는 달리 판매까지 하는 것으로 알려졌다. 한국 알콜 산업은 울산에 연간 3만 톤의 생산설비를 보유하고 있으며, 지난 94년 약 2만 9800톤의 에탄올을 생산한 것으로 알려졌다. 95년 1/4분기 생산량은 약 9400톤으로 94년 동기대비 22%가량 증가한 것으로 나타났다. 지난 94년의 국내수요는 약 2만 4000톤이며 유기화학공업용으로 59%, 의약품에 19%, 화장품에 22%가 사용된 것으로 알려졌다. 세계적으로는 연료용 에탄올이 매우 큰 비중을 차지하고 있으나 국내에서는 거의 사용되고 있지 않으며, 현재 공업용 합성에탄올의 내수가격은 kℓ 당 60만~70만 원선인 것으로 나타났다. 그러나 우리나라에서도 현대 자동차가 브라질에 22% 가소 홀 자동차를 수출하고 있으며, 도시의 환경오염 방지차원에서 2002년 5월 1일 기준으로 현재 천연가스 버스는 전국에 1천424대가 청소용 차와 시내버스 차로 운행중이다. 이것을 보듯이 환경문제가 사회적 문제로 인식되면서 알콜용 자동차가 우리나라에서도 실용화가 앞당겨질 전망이다.

2.5 알콜 연료가 차량에 미치는 영향

에탄올은 MTBE 보다 높은 물 용해성을 갖고 있어서 에탄올 혼합 가솔린은 일반 가솔린에 비해 수분 함량이 높지만 연료탱크나 연료공급 시스템 등에서 부식성을 미미하다.

본 연구에서는 에탄올 첨가를 5-85%까지 첨가하여 실험해 보았지만 특별한 문제점을 발견할 수 없었다. 단지 엔진 토크 및 배기가스에 변화가 있다는 것을 알 수 있다. 에탄올 연료는 가솔린에 비해 발열량이 낮기 때문에 연료탱크의 용적을 증대하여야 한다. 왜냐하면, 에탄올 발열량은 76,000Btu/gallon으로서 가솔린 발열량 115,000Btu/gallon에 비해 66% 정도이기 때문에 100% 에탄올 사용에는 가솔린 사용에 비해 연료탱크를 2배 가량 크게 하여야 한다. 그러나 가솔린에 에탄올을 10% 혼합한 가솔린의 경우에는 3.4% 에너지 차이가 나기 때문에 큰 고려는 없어도 된다. 알콜 연료 사용시 혼합기가 희박해 짐에 따른 출력, 가속성, 시동성 등의 악화로 연료계 조정이 요구된다. 특히, 공연비 조절, 점화시기 조정, 시동성향을 위한 보조장치 설치, 연료증발축진을 위한 흡기관 열량 보충(3-6배) 등에 대한 대책을 세워야 한다.

증류점 특히 50% 증류점의 조절이 어려워지며 증기압이 증가하여 vapor lock, 증발가스 악화 등의 현상이 유발될 수 있으며 이에 대한 대책이 필요하다. 예를 들면 10% 에탄올 혼합시 RVP 0.5-0.7psi 증가하고, 3-4% 메탄올 사용시는 2.5-4.0psi 증가한다. 함산소제나 가솔린과 같은 20% 이내의 에탄올 혼합시는 엔진 개조 없이 그대로 사용할 수 있고 가솔린의 옥탄가를 향상시키기 때문에 노킹 방지 등의 자동차 성능 향상 효과를 가져올 수 있다. 또한, 동결방지를 위한 antifreezer 기능과 엔진 클리너 효과를 가져오는 solvent 역할도 한다 [18][37].

2.6 알콜연료에 의한 배기가스의 성분변화

2.6.1 미국의 Auto/Oil Programme

1989년에 미국의 자동차 빅 3사가 14개 주요 정유 회사가 Air Quality Improvement Reserarch Program(AQIRP) 콘소시움을 구성하여 자동차 배출가스 감소와 공기 오염 해결을 위한 개질 가솔린 및 대체연료와 자동차 배출물과의 상관관계를 규명하는 Auto/Oil Programme을 시작했다. 수백만불이 투입된 Phase I 프로그램은 이미 종료되었으며 2단계 Phase II 프로그램이 현재 진행되고 있다 [18][37].

Phase I에서는 최신 및 사용차량 53대에 성분이 다른 29가지의 연료를 적용한 2200경우 이상에 대하여 배출물을 측정 비교하였다. 이 실험에서는 aromatic, olefin, 합산소 성분, 황성분, 증기압, 90% 증류점 등을 다양하게 변화시킨 refromulated 가솔린을 사용하였고 151가지의 배기 성분을 측정하였다. 또한 가솔린에 메탄올을 0%에서 85%까지 (M0 to M85) 혼합한 연료를 사용한 연구용 차량(FFV/VFV)의 배기가스를 측정하였으며, Phase I에서는 다음 단계 프로그램에서의 사용을 위한 연료특성 확인에 중점을 두었다. 이렇게 측정된 천 만개 이상의 결과들로부터 얻은 연료 성분의 차량 배기에 미치는 영향들은 광범위한 database에 저장되었다.

Phase I의 결과에 따르면, 유해한 차량 배기의 감소와 대기오염 개선을 위한 연료 변화를 크게 다음과 같이 들고 있다.

- 연료증발 배출물과 오존감소를 위한 RVP(Reid Vapor Pressure)의 저감
- 배출가스, 유해물질 및 오존 감소를 위한 유황성분의 감소
- 오존 감소를 위한 olefin 성분의 감소
- 오존과 배기 HC의 저감을 위한 90% 증류점의 감소
- 유해물질 저감을 위한 aromatic 성분의 감소
- CO의 저감을 위한 합산소 연료의 사용

Auto/Oil Phase I의 중요한 결과는 다음과 같다.

● 함산소제 사용의 효과

가솔린에 함산소제인 MTBE를 15% 사용, 즉 연료에 함산소량을 2.7% 증가시키는 경우에 대한 배출가스의 저감효과를 Fig. 2.4에서 보여준다. 탄화수소 배출물이 5% 내지 9% 감소하고 있으며, CO는 11%에서 14%까지 감소했다. 한편 NO_x와 타 유해 물질의 배출에 대하여는 큰 차이가 없는 것을 보여 준다. 다른 함산소제인 에탄올, ETBE나 TAME를 사용하였을 경우도 상기와 유사한 효과를 갖는다.

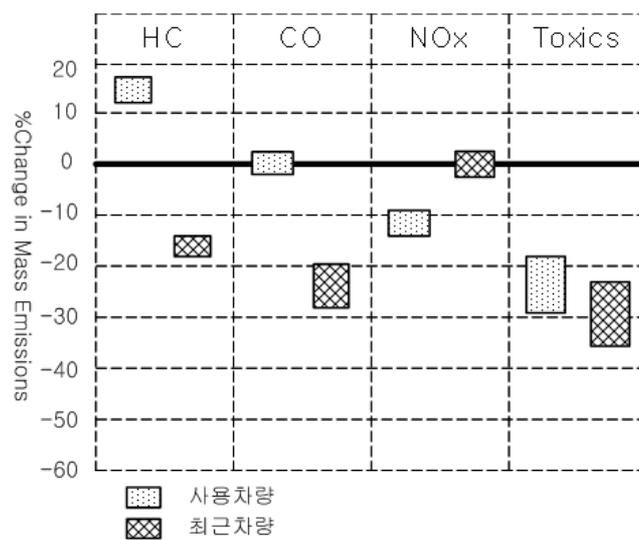


Fig. 2.4 Effect of using fuel including oxygen
(Ethanol 0% to 15%)

한편 Table 2.14에서는 aromatic 성분이 적은 연료에 함산소제를 사용하였을 경우의 영향을 비교하였으며 에탄올 10%, MTBE 15%, ETBE 17%로 혼합하였을 때의 자동차 배출가스를 비교하였다. 저 aromatic 연료에서는 함산소연료 사용시 total HC, NMHC, CO가 감소 하지만 NO_x는 도리어 5% 정도 증가하는 것을 볼 수 있다.

Table 2.14 Exhaust gas reducing effect according to Oxygenates (in low aromatic fuel)

	Ethanol(10%)	MTBE(15%)	ETBE(17%)
Diurnal NMHC	△ 30%	6%	5%
Diurnal Benzene	△ 28%	9%	6%
Hot soak NMHC	△ 50%	△ 14%	△ 10%
Hot soak Benzene	△ 45%	△ 1%	△ 10%
Total HC	5%	7%	6%
NMHC	6%	8%	7%
CO	13%	9%	15%
NOx	△ 5%	△ 4%	△ 5%
Benzene	12%	11%	9%
1,3 Butadiene	6%	2%	3%
Formaldehyde	△ 19%	△ 6%	△ 17%
Acetaldehyde	△ 160%	△ 2%	△ 260%

(△증가)

● Aromatics 저감의 효과

Aromatics가 45%에서 20%로 감소하면 최신차량의 경우 탄화수소 배출이 6% 감소하지만 사용차량의 경우 오히려 14% 증가함을 알 수 있다. 또 최신차량의 경우 CO 배출이 13% 감소하는 효과를 보였으며 NOx 배출에는 큰 변화가 없었다. 반면 사용차량에서는 CO 배출에 효과가 없는 반면 NOx는 11% 감소함을 보여 주었다. 한편 대기유해물질의 배출에 대하여는 최신차량 및 사용차량 모두 28%와 23%의 감소효과를 보였다.

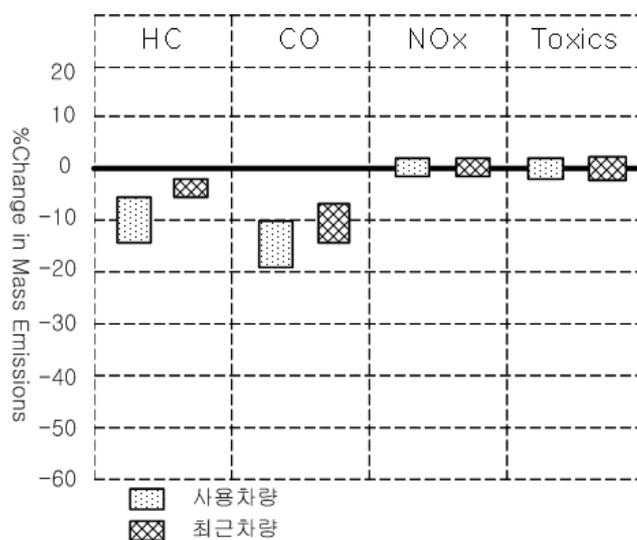


Fig. 2.5 Exhaust gas reducing effect according to using aromatics (45% to 20%)

2.6.2 우리나라 가소홀 차량 주행실험 결과 및 고찰

- 실험용 자동차 및 실험기간 : 주행실험에 동원된 자동차는 부산 및 경남에 등록되고 시내에 주행중인 자동차 중에서 34대 선발하여, 계절적인 요인을 고려하여 가장 악조건으로 판단되는 겨울과 봄에 걸쳐 1995.12.7~1996.6.6(6개월)간 실시하였다.
- 휘발유 공급 : 가소홀 제조용 휘발유는 호남정유에서 생산, 시판되고 있는 휘발유를 시내 우암 주유소로부터 직접 구입하여 무수 알콜 10% 혼합하여 공급하였다.
- 분석방법 : 가소홀 사용전과 사용후의 자동차 배기 가스 중 CO와 HC를 지표로 하여 저감율을 분석하였다. 가스분석 장비는 HORIBA CO/HSANALYZXR(Model MEXA -3245G, J메무)로 부산시 환경보건연구원 대기보전과의 연구사가 부산광역시 및 알콜 조합의 담당자의 입회 하에 직접 분석하였다.
- 결과 아래 Table 2.14와 같다.

Table 2.15 Exhaust gas reducing rate from passenger cars

분석항목	휘발유	가소홀 사용전·후 배기가스 저감율							
		1차측정		2차측정		3차측정		평균	
	농도	농도	(%)	농도	(%)	농도	(%)	농도	(%)
CO	0.36	0.25	30.6	0.13	63.9	0.14	61.1	0.17	52.8
HC	138	76.0	44.9	54.0	60.8	60.7	56.0	63.6	53.9

이상과 같이 이론적 고찰을 통해서 실 주행에 배기가스 저감상태를 국내외를 참조해서며 본 연구는 엔진 동력계와 배기가스 분석기로 아래와 실험장치의 구성 및 실험 조건으로 임하였다 [34][35][40].

Ⅲ. 實驗裝置 및 方法

본 연구의 실험장치는 ECU 및 EMS가 부착된 아반테 DOHC 엔진, 동력계, 배기가스분석기로 구성되며, 에틸 알콜 C₂H₅OH F.W.4607(시약용) 순도 95.5v/v%를 사용한다.

3.1 실험장치의 구성

실험장치는 실험엔진, 동력계, 연료소비량 측정장치, 배기가스 분석장치로 구성된다. 실험엔진은 직렬 4기통 최대출력 102ps/5800rpm, 최대토크 13.6kg·m/3000rpm인 아반테용 엔진이다. 상세 제원은 Table 3.1과 같다.

동력계는 230마력급 EC 동력계로 스텝모터를 사용하고, 스로틀 개도를 제어하며 DC Driver를 이용하여 동력을 흡수하고 로드셀과 엔코더를 이용하여 토크와 엔진 속도를 측정한다. 배기가스 측정기는 Testo사의 Testo350으로, 내부의 전자화학 셀에 의한 흡입공기의 화학 전위차와 화학반응의 원리에 의해 측정하는 것으로 O₂, NO, NO₂, CO, CO₂ 등을 측정할 수 있다. 배기 배출물의 특성을 비교분석하기 위하여 삼원촉매장치(Three way converter)를 제거하고 배기가스 측정장치를 설치하였다. 실험장치의 구성 및 장치는 Fig. 3.1과 Fig. 3.2와 같으며, 배기가스 측정장치는 Fig. 3.3과 같다.

Table 3.1 Specification of test engine

	항 목		제 원	한계치	
일 반 적 인 사 항	형식		직렬 DOHC		
	실린더수		4		
	보어(mm)		75.5		
	행정(mm)		83.5		
	배기량(cc)		1495		
	압축비		9.5		
	최대출력(ps/rpm)		102/5,800		
	최대토크(kg · m/rpm)		13.6/3,000		
	점화순서		1-3-4-2		
	점화시기		BTDC 9°±5°/800rpm		
	밸브 개폐시기	흡기	열림	BTDC 5°	
			닫힘	ABDC 35°	
		배기	열림	BBDC 43°	
			닫힘	ATDC 5°	
밸브오버랩		10°			
압축압력		16.5kg/cm ² (13.5kg/cm ²) 하한치는 -1.0kg/cm ²			

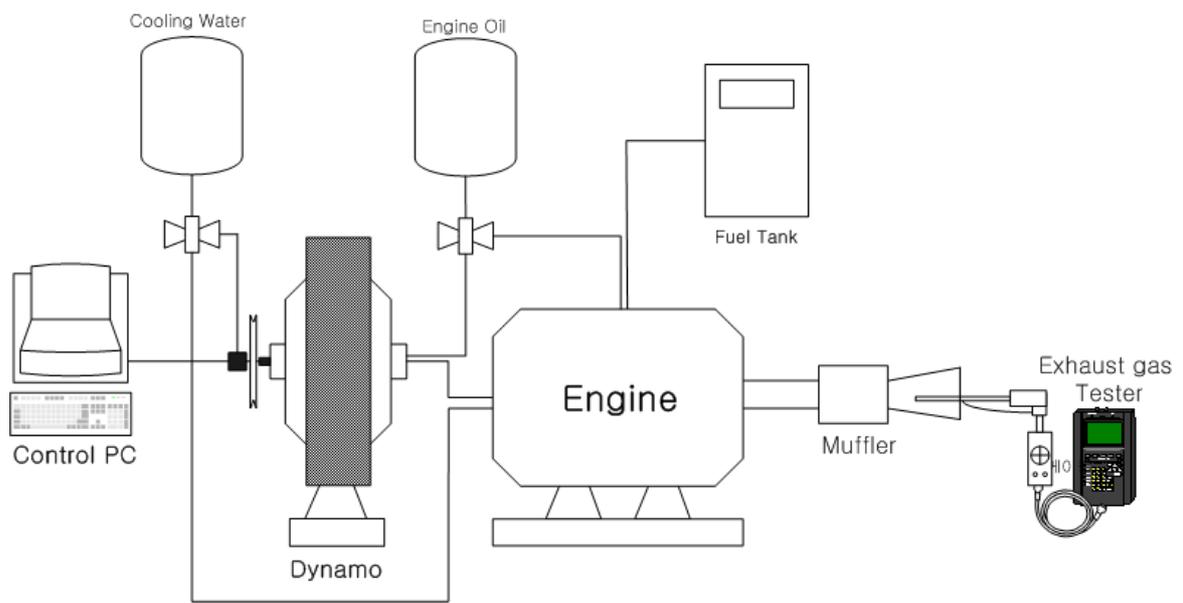


Fig. 3.1 Experimental setup for engine test



Fig. 3.2 Engine dynamometer



Fig. 3.3 Engine exhaust gas instrument

3.2 실험조건과 방법

Table 3.1을 실험조건을 나타낸다. 엔진속도를 1000rpm에서 3000rpm까지 변화시키면서 토크가 3kg · m에서 최대까지 5단계로 구분하였으며 에탄올 0%에서 최대 85%까지 적용하였다. 에탄올은 실험의 정도를 향상시키기 위하여 순도 95%의 공업용 시료를 사용하였으며 무연가솔린 정상 변화를 최소화하기 위하여 실험에 사용될 모든 연료를 일시에 구입하였다.

Table 3.2 Characteristic and performance according to ethanol mixing rate

Engine speed(rpm)	Torque(kg · m)	Ethanol percentage(wt%)	Measurement CO, NOx
1000	3	0	• CO
1500	6	10	• NOx
2000	9	20	• 연료소비량
2500	12	30	• 엔진토크
3000	Max	40, 50, 60, 85	• 회전수에 따른 변화

IV. 實驗結果 및 考察

4.1 에탄올 첨가에 따른 최대토크 변화

Fig. 4.1과 Table 4.1은 엔진속도 1000, 1500, 2000, 2500, 3000rpm 일 때 에탄올 혼합율에 따른 최대토크 변화를 나타낸다.

1000rpm에서 에탄올을 첨가하지 않은 순수 가솔린의 경우 $12\text{kg} \cdot \text{m}$ 값을 갖는다. 에탄올의 혼합비율이 5%일 때 다소 많이 줄어들고 10%, 15% 일 때 다소 상응하는 변동을 보이지만 알콜 혼합율의 증가와 함께 순차적으로 줄어드는 것을 알 수 있다.

1500rpm에서는 급격히 상승하여 $14\text{kg} \cdot \text{m}$ 까지 증가되며 1000rpm과 유사하게 나오며, 10% 에탄올 혼합시 증가되는 지점을 보이고 이후 혼합율의 증가와 더불어 감소한다. 알콜 10%일 때 최대토크가 순수 가솔린일 때보다 높게 나타내고 있는데 이는 알콜 혼합에 따른 발열량 감소에도 불구하고 연료에 의한 산소공급의 증가로 연소가 활성화 되어 연소효율이 향상되었기 때문이다.

2000, 2500, 3000rpm 에서도 유사한 변화를 보이지만, 2000rpm 경우에 에탄올 혼합율이 40%가 넘어가게 되면 급속히 악화한다.

측정된 최대토크가 사양에서 주어진 최대토크 $13.6\text{kg} \cdot \text{m}$ 를 상회하는 것은 엔진 배기 자체의 배출물 특성을 비교 분석하기 위하여 삼원촉매를 제거했기 때문으로 생각된다.

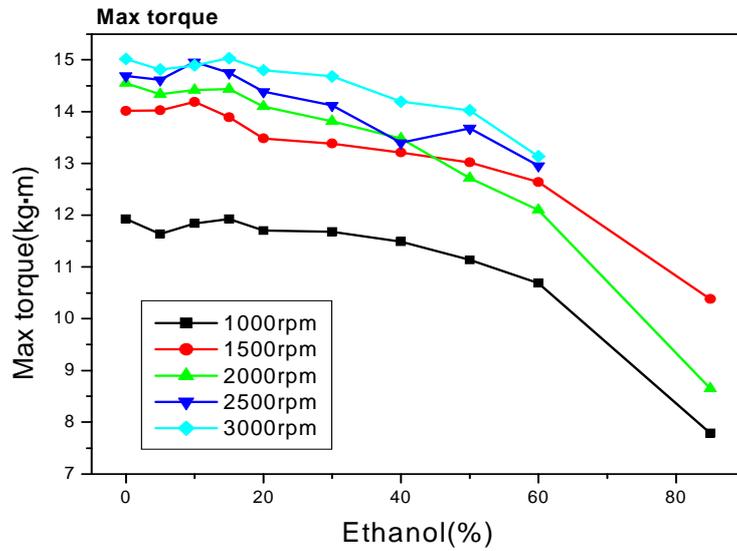


Fig. 4.1 Maximum torque variation according to ethanol mixing rate

Table 4.1 Maximum torque variation according to ethanol maxing rate

에탄올	엔진회전수(rpm)				
	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000
0%	11.929kg · m	14.014kg · m	14.550kg · m	14.689kg · m	15.019kg · m
5%	11.637kg · m	14.024kg · m	14.335kg · m	14.612kg · m	14.813kg · m
10%	11.838kg · m	14.186kg · m	14.416kg · m	14.957kg · m	14.894kg · m
15%	11.929kg · m	13.890kg · m	14.435kg · m	14.751kg · m	15.033kg · m
20%	11.700kg · m	13.480kg · m	14.100kg · m	14.387kg · m	14.800kg · m
30%	11.680kg · m	13.383kg · m	13.813kg · m	14.119kg · m	14.683kg · m
40%	11.489kg · m	13.211kg · m	13.483kg · m	13.397kg · m	14.191kg · m
50%	11.135kg · m	13.019kg · m	12.713kg · m	13.679kg · m	14.024kg · m
60%	10.685kg · m	12.637kg · m	12.101kg · m	12.952kg · m	13.139kg · m
85%	7.791kg · m	10.379kg · m	8.647kg · m		

4.2 에탄올 혼합율에 따른 CO의 배출특성

Fig. 4.2~Fig. 4.6은 에탄올 혼합비율을 0, 10, 20, 30, 40%에서 각각 고정하고, 토크 3~최대로 변화시키고, 회전수를 1000rpm에서 3000rpm으로 변화할 때의 CO배출 특성을 나타낸다.

Fig. 4.2~Fig. 4.6은 CO의 에탄올 첨가비율에 상관 없이 회전수가 증가에 따라 증가하는 경향을 보이며, 토크를 증가하면 CO는 줄어든다. 그리고, 모든 영역에서는 비슷한 특성을 나타내는데, 에탄올 첨가비율이 10%와 40%에서 가장 안정적으로 CO배출량이 줄어든다.

Fig. 4.7은 실험적 차원에서 에탄올 첨가비율을 50, 60, 85%에서 최대토크일 때 CO배출 특성을 나타낸 것이며, 에탄올 첨가비율이 85%에서는 최대 회전수가 2000rpm정도이며, 그 외에서는 엔진시동 꺼짐이 발생했다.

Fig. 4.8~Fig. 4.12은 회전수를 1000, 1500, 2000, 2500, 3000rpm에서 각각 고정하고, 토크 3~최대로 변화시키고, 에탄올 혼합비율을 0%에서 40%으로 변화할 때의 CO배출 특성을 나타낸다.

Fig. 4.8은 1000rpm일 때 토크가 3kg·m인 경우 가장 높은 값을 나타내며, 최대 토크일 때 가장 낮은 값을 나타낸다. 모든 토크 영역에서 비슷한 특성을 나타내는데, 에탄올 혼합율이 20% 혹은 30%에서 CO값이 증가되며, 10%와 40%에서 감소한다.

Fig. 4.9은 1500rpm일 때 토크가 6kg·m와 최대 토크에서 조금 변화하고, 나머지 영역에서는 에탄올 0%와 유사한 경향을 나타낸다.

Fig. 4.10은 2000rpm일 때 토크 6kg·m인 경우에서 에탄올 혼합율이 10%일 때 CO값이 매우 감소하며, 전 구간에서도 매우 안정적으로 감소한다.

Fig. 4.11과 Fig. 4.12은 2500, 3000rpm의 경우 역시 전 영역에서 에탄올 혼합율이 증가와 함께 감소하며, 토크 3kg·m일 때 에탄올 혼합율이 10%에서 제일 감소한다.

4.3 에탄올 혼합비에 따른 NO_x의 배출특성

Fig. 4.13~Fig. 17은 에탄올 혼합비율을 0, 10, 20, 30, 40%에서 각각 고정하고, 토크 3~최대로 변화시키고, 회전수를 1000rpm에서 3000rpm으로 변화할 때의 NO_x배출 특성을 나타낸다.

Fig. 4.13~Fig. 4.17은 NO_x의 에탄올 첨가비율에 상관 없이 회전수가 증가에 따라 증가하는 경향을 보이며, 토크를 증가하면 NO_x는 증가한다. 그리고, 모든 영역에서는 비슷한 특성을 나타내는데, 토크 3kg·m에서 제일 감소한다.

Fig. 4.17은 에탄올 첨비율이 40%에서 1000rpm구간에서 최대토크에서 NO_x배출량이 상대적으로 감소한다.

Fig. 4.18은 실험적 차원에서 에탄올 첨가비율을 50, 60, 85%에서 최대토크일 때 NO_x배출 특성을 나타낸 것이며, 에탄올 첨가비율이 0%를 기준으로 볼 때 50%, 60%에서도 증가함을 나타낸다. 다만 85%일때는 감소하지만, 최대토크가 너무 감소하므로 구조적 장치의 개선이 요구된다.

Fig. 4.19~Fig. 4.23은 회전수를 1000, 1500, 2000, 2500, 3000rpm에서 각각 고정하고, 토크 3~최대로 변화시키고, 에탄올 혼합비율을 0%에서 40%으로 변화할 때의 NO_x배출 특성을 나타낸다.

Fig. 4.19~Fig. 4.23은 에탄올 첨가비율에 따른 NO_x의 값은 보통 사용 영역에서는 큰 영향이 없고, 에탄올 첨가비율이 40%에서 감소하였으며, 토크 3kg·m일 때 제일 감소한다.

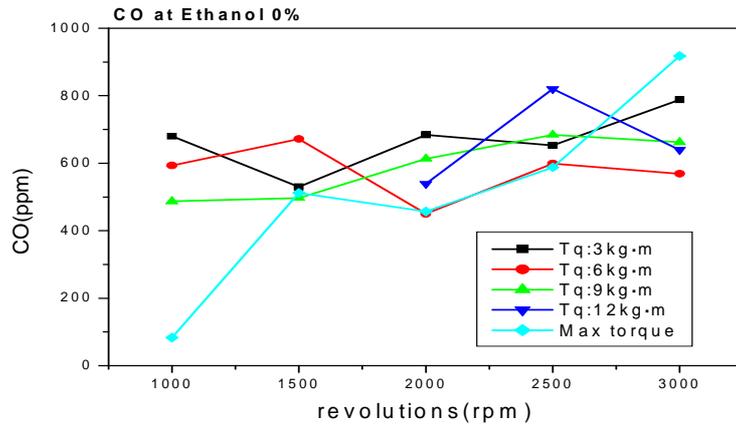


Fig. 4.2 CO variation according to engine speed (at Ethanol 0%)

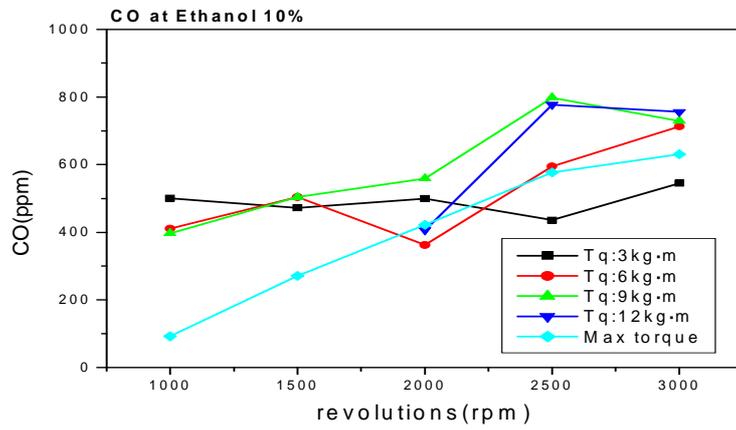


Fig. 4.3 CO variation according to engine speed (at Ethanol 10%)

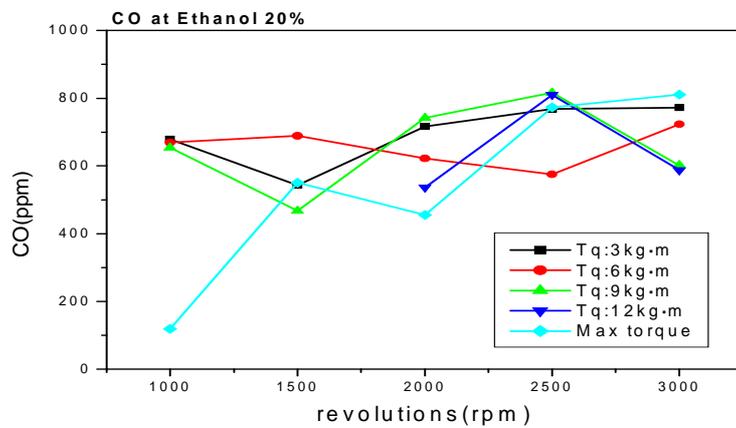


Fig. 4.4 CO variation according to engine speed (at Ethanol 20%)

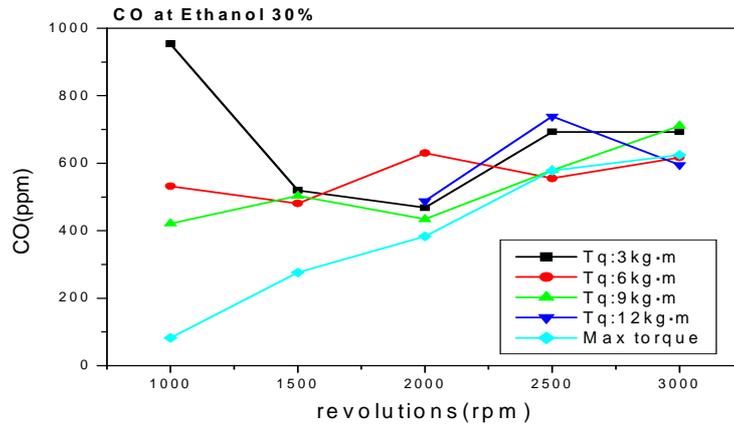


Fig. 4.5 CO variation according to engine speed (at Ethanol 30%)

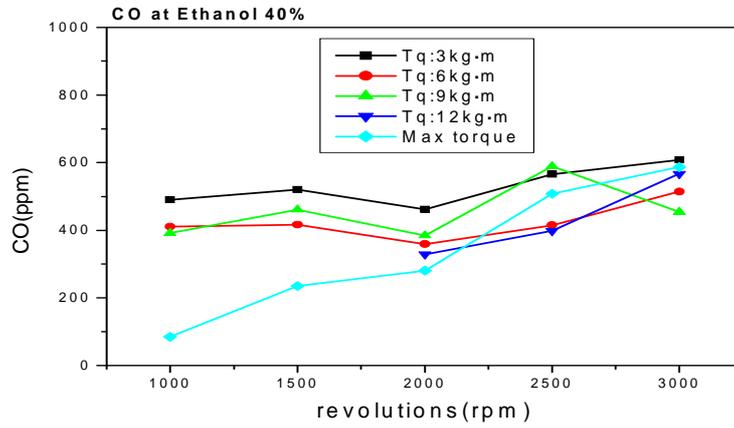


Fig. 4.6 CO variation according to engine speed (at Ethanol 40%)

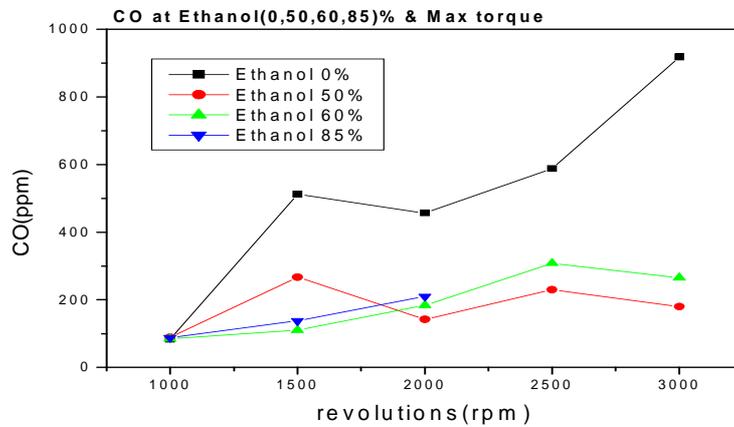


Fig. 4.7 CO variation according to engine speed (at Ethanol 0, 50, 60, 85 and maximum torque)

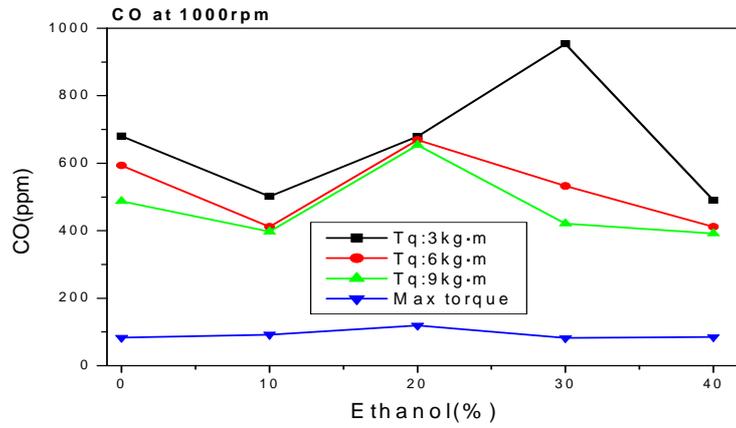


Fig. 4.8 CO variation according to ethanol mixing rate (at 1000rpm)

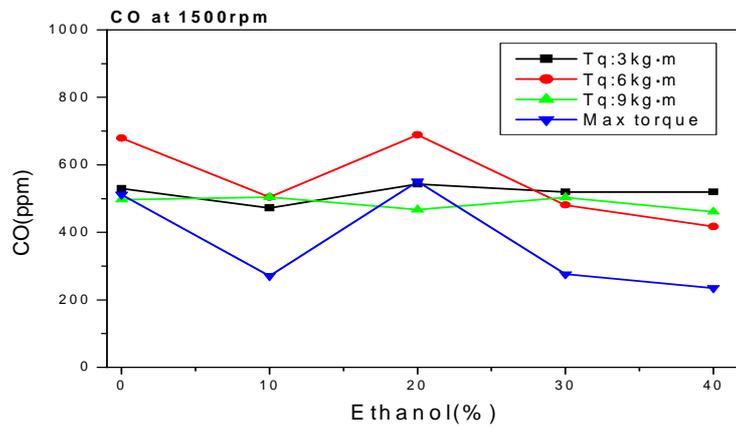


Fig. 4.9 CO variation according to ethanol mixing rate (at 1500rpm)

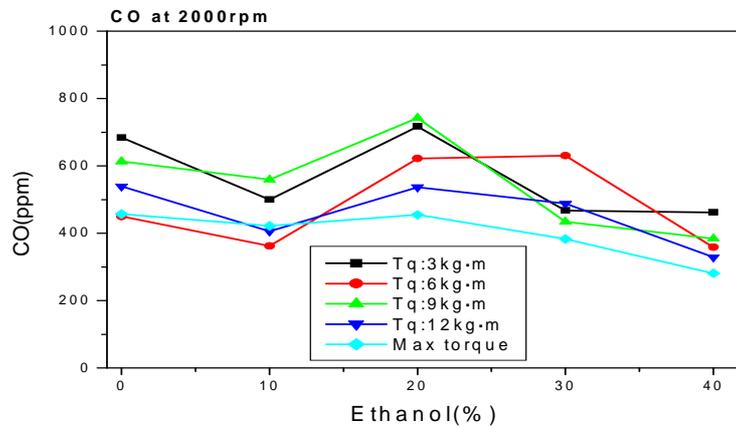


Fig. 4.10 CO variation according to ethanol mixing rate (at 2000rpm)

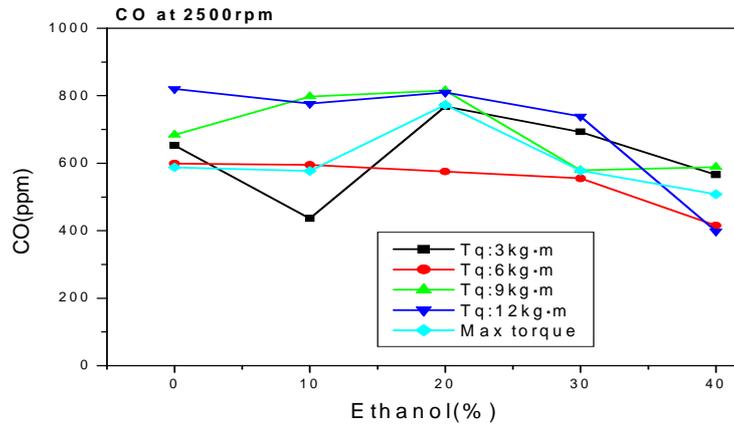


Fig. 4.11 CO variation according to ethanol mixing rate (at 2500rpm)

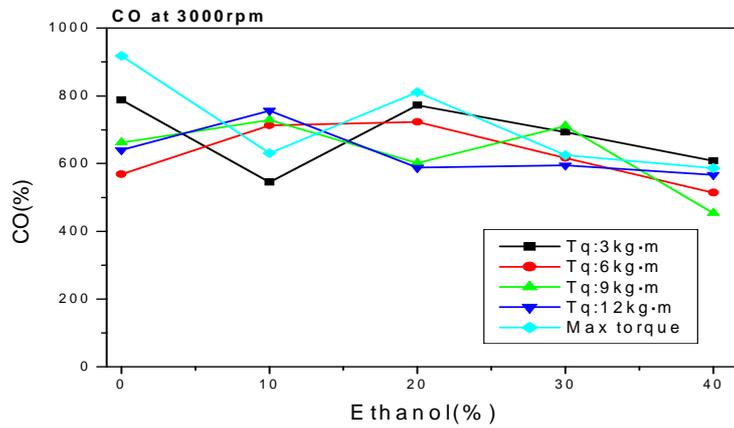


Fig. 4.12 CO variation according to ethanol mixing rate (at 3000rpm)

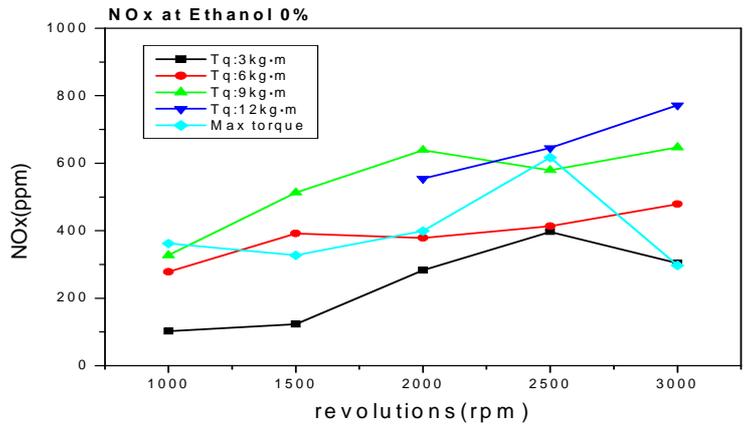


Fig. 4.13 NOx variation according to engine speed (at Ethanol 0%)

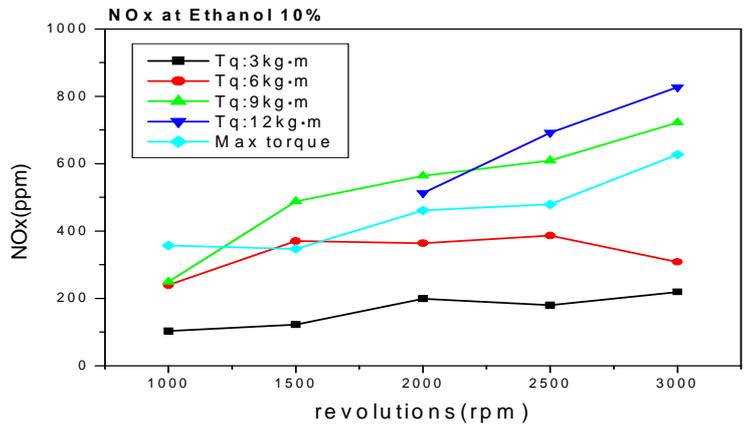


Fig. 4.14 NOx variation according to engine speed (at Ethanol 10%)

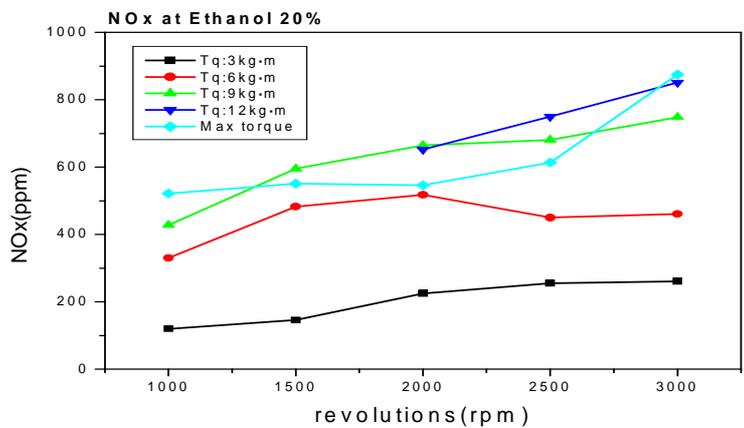


Fig. 4.15 NOx variation according to engine speed (at Ethanol 20%)

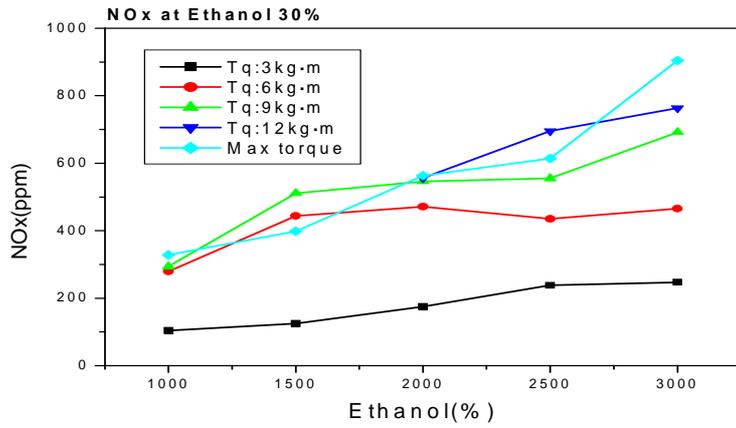


Fig. 4.16 NOx variation according to engine speed (at Ethanol 30%)

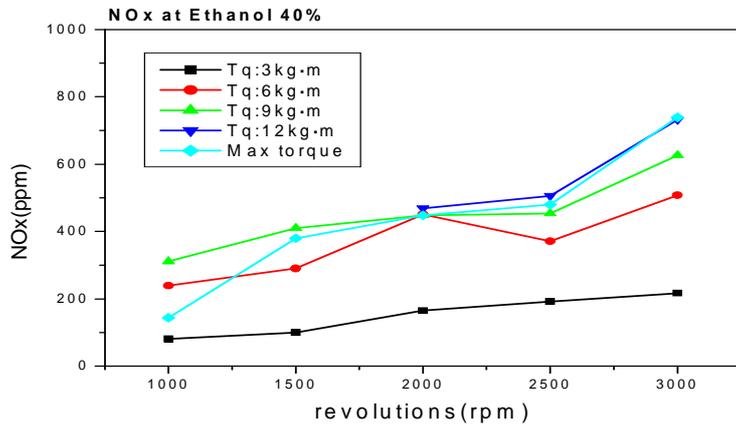


Fig. 4.17 NOx variation according to engine speed (at Ethanol 40%)

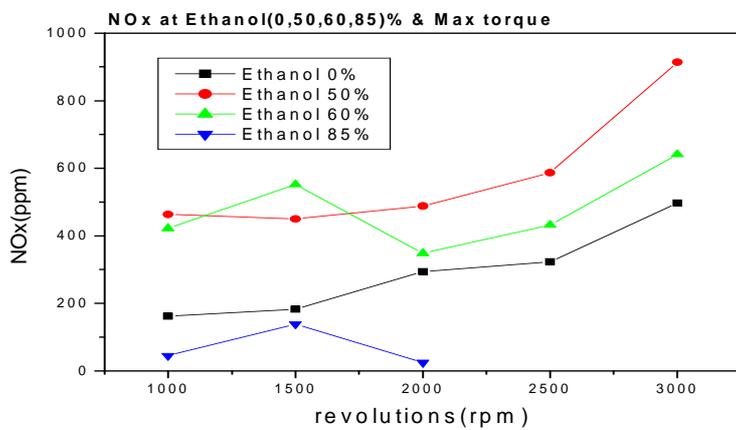


Fig. 4.18 NOx variation according to engine speed (at Ethanol 0, 50, 60, 85% and maximum torque)

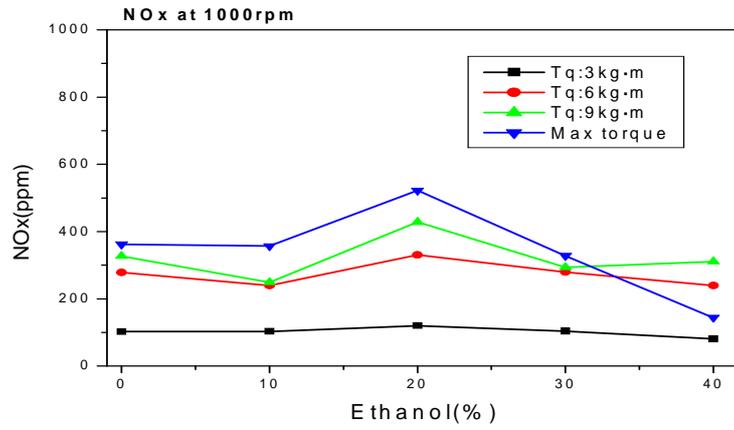


Fig. 4.19 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 1000rpm)

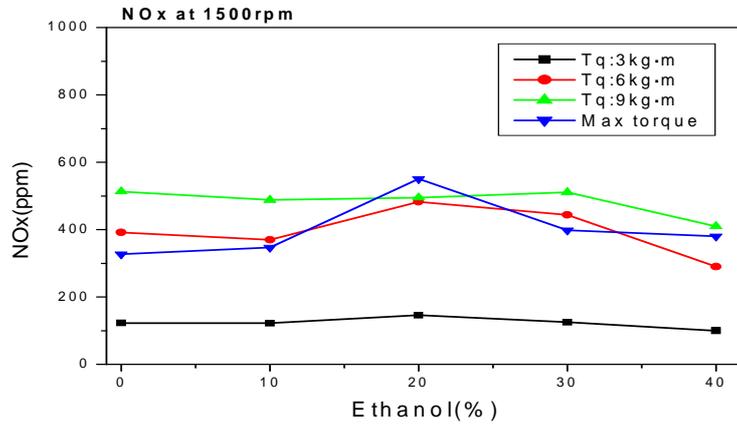


Fig. 4.20 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 1500rpm)

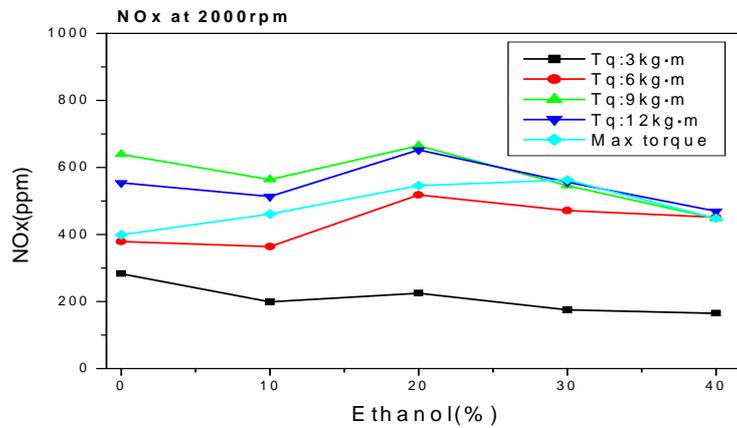


Fig. 4.21 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 2000rpm)

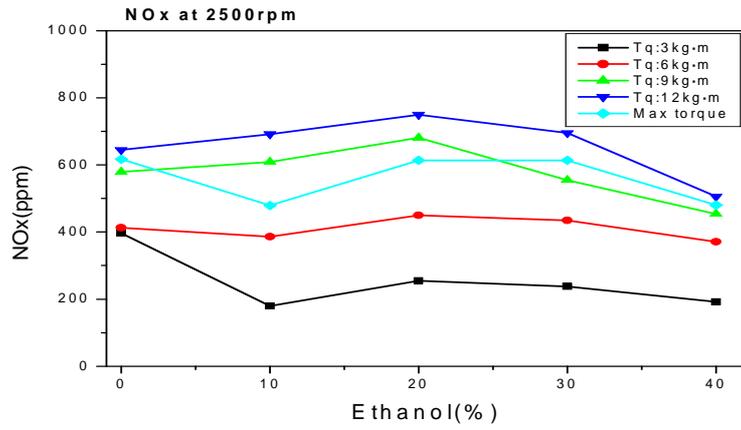


Fig. 4.22 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 2500rpm)

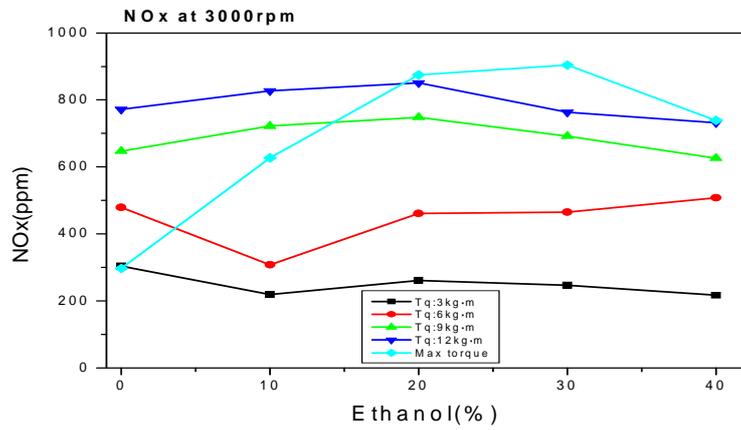


Fig. 4.23 NOx variation according to ethanol mixing rate (at 3000rpm)

4.3 에탄올 첨가에 따른 연료소비량 변화

Fig. 4.14, Fig. 4.15, Fig. 4.16, Fig. 4.17, Fig. 4.18은 에탄올 첨가율에서 토크가 3, 6, 9, 12kg · m, 최대일 때 엔진속도에 따른 연료소비량 변화를 보여준다.

Fig. 4.14, Fig. 4.15, Fig. 4.16은 에탄올 0, 10, 20% 대한 전체적인 경향은 rpm 및 토크 증가와 함께 연료소비량이 증가하는 경향을 알 수 있으며, 6kg · m에서 2500rpm에서 다소 감소하였다가 3000rpm에서 증가하는 경향이 있다.

그러나 일정 토크와 rpm을 분석하면 연료소비량이 감소하는 것을 알 수 있다.

1000rpm-3kg · m에서 에탄올 20%일 때 연료소비량이 가장은 적으며, 최대 토크에서 연료소비량이 최대인 것을 알 수 있다.

Fig. 4.17, Fig. 4.18은 에탄올 30, 40% 대한 전체적인 경향은 별반 차이가 없으며, 최대 토크일때는 값이 엔진속도에 따라 크게 변화되는데 전반적으로 토크 3kg · m 일 때와 에탄올 20%에서 연료소비량이 감소하는 것을 알 수 있다.

따라서 산소증가 따른 연소 활성화를 촉진시켜 효율이 증가해서 연료 소모율이 감소하는 경향을 보인다. 즉, 난류유동증가로 연소 활성화를 가져다주지만 함산소 연료의 영향으로 인한 연료소비량 다소 미미하게 감소하는 것을 알 수 있다.

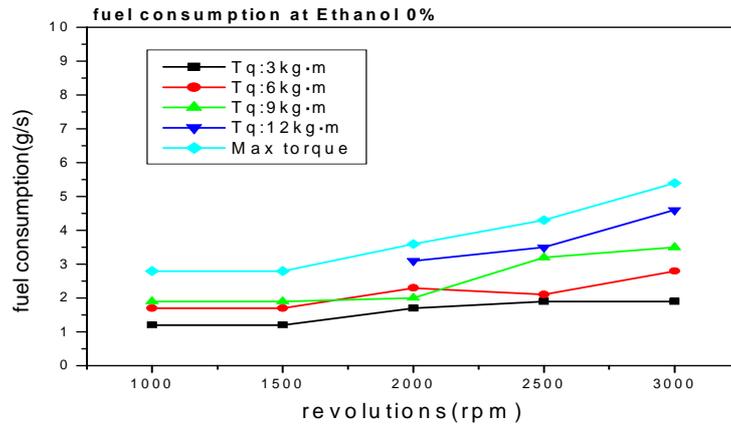


Fig. 4.24 Fuel consumption rate variation (at Ethanol 0%)

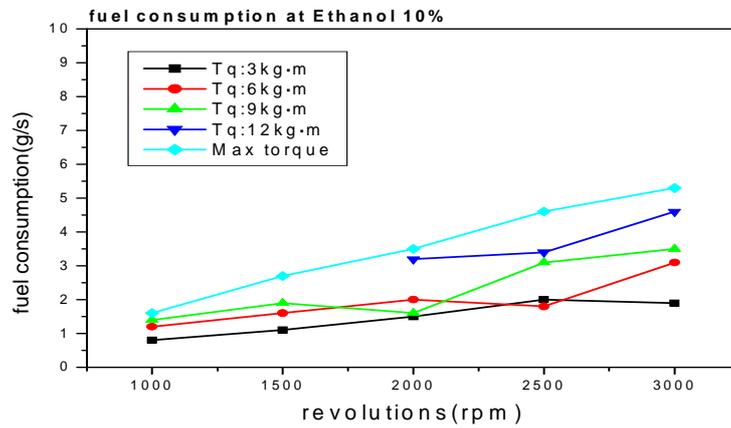


Fig. 4.25 Fuel consumption rate variation (at Ethanol 10%)

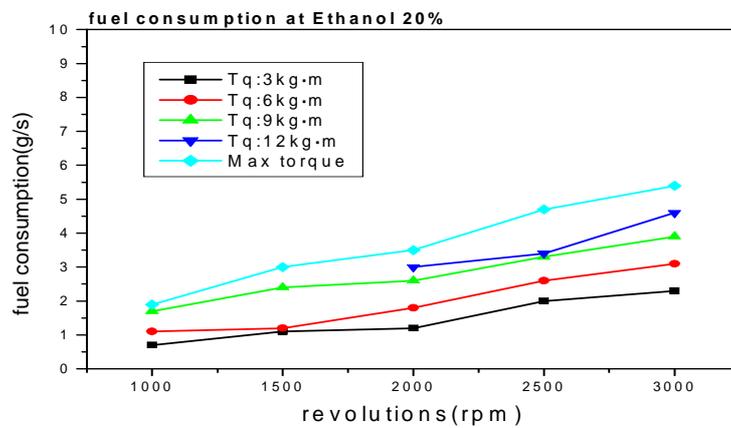


Fig. 4.26 Fuel consumption rate variation (at Ethanol 20%)

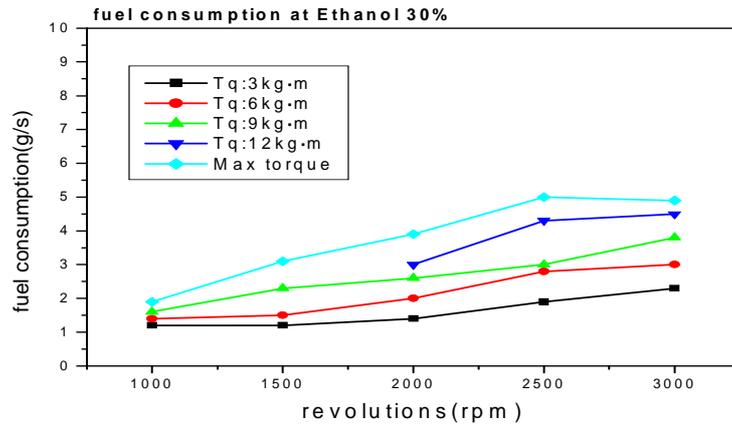


Fig. 4.27 Fuel consumption rate variation (at Ethanol 30%)

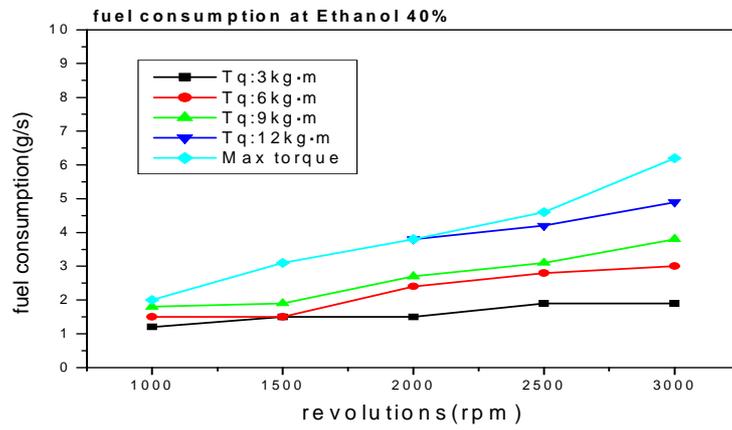


Fig. 4.28 Fuel consumption rate variation (at Ethanol 40%)

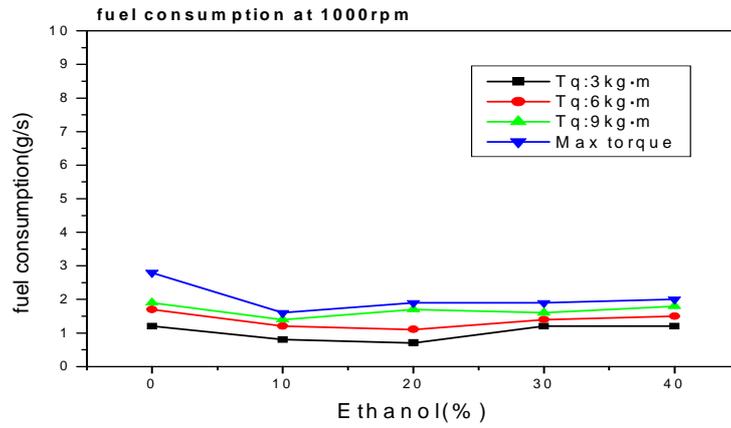


Fig. 4.29 Fuel consumption variation(at 1000rpm)

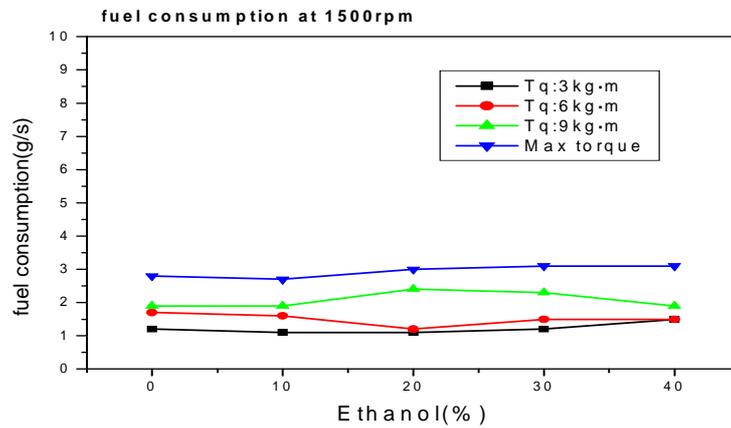


Fig. 4.30 Fuel consumption variation(at 1500rpm)

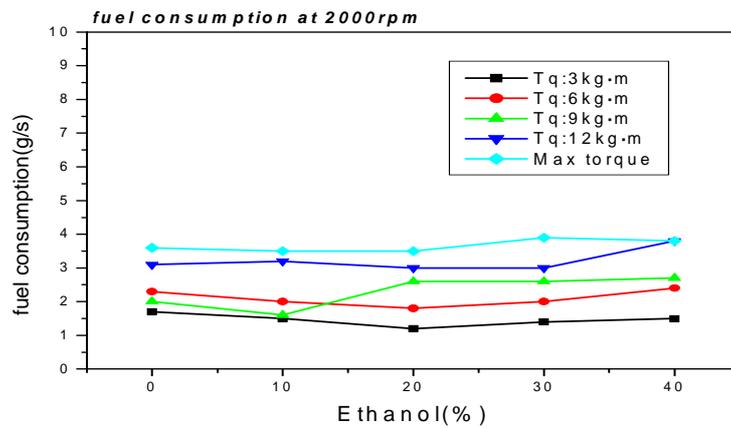


Fig. 4.31 Fuel consumption variation(at 2000rpm)

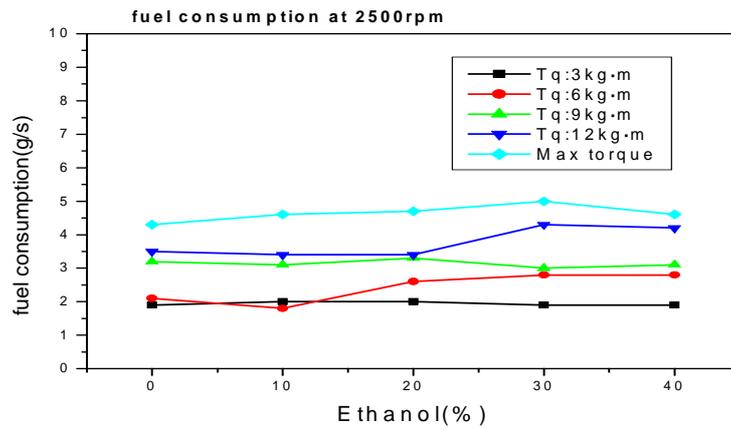


Fig. 4.32 Fuel consumption variation(at 2500rpm)

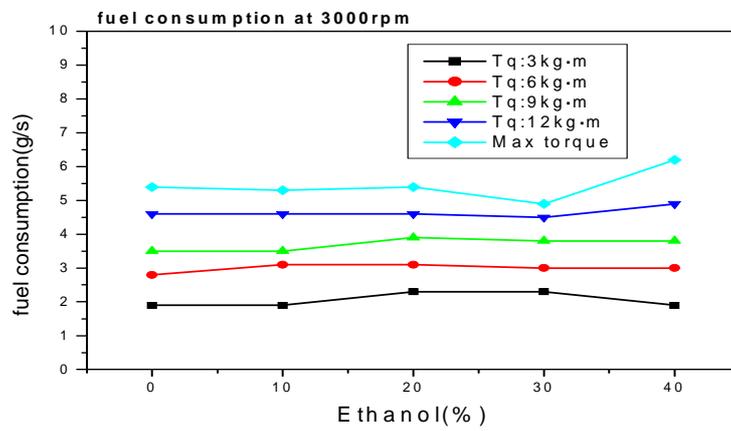


Fig. 4.33 Fuel consumption variation(at 3000rpm)

4.4 토크와 에탄올 혼합율 변화에 따른 배출물 및 연료소비량 변화특성

Fig. 4.34~Fig. 4.38은 토크와 에탄올 혼합율에 따른 CO의 배출분포를 3차원적으로 표현한 그래프이다. 이들 변수의 변화 함께 일괄적인 변화특성을 나타내지는 않지만, 모든 토크 영역에서 에탄올 혼합율이 10%일 때 낮은 값을 보이며, 20%, 30%일 때 증가하다가 40%일 때 다시 낮아짐을 알 수 있다.

Fig. 4.39~Fig. 4.43은 토크와 에탄올 혼합율에 따른 NOx의 배출분포를 3차원적으로 표현한 그래프이다. 에탄올 증가에 영향이 적으며, 에탄올 혼합율이 30, 40%일 때 감소하지만 보통사용 영역에서는 큰 영향이 없고, 회전수와 토크 증가에 따라 NOx값이 증가한다.

Fig. 4.44~Fig. 4.48은 토크와 에탄올 혼합비율에 따른 연료소비량의 변화를 보여 준다. 토크와 회전수가 증가하면 연료소비량이 증가하는 것을 알 수 있으며, 다만 최대 토크에서 연료소비량이 제일 증가한다는 것을 알 수 있다. 그러나, 전체 연료소비량은 비슷하지만 에탄올의 혼합비율에 따른 소모량의 변화이므로 연료소비량 중에 에탄올이 차지하는 비율이 높을수록 연료 소모량은 감소한다고 볼 수 있다.

이상에서 종합하여 살펴보면 에탄올 혼합율의 증가와 함께 CO는 감소함을 알 수 있으며, NOx는 보통 주행영역에서는 CO에 비해서 큰 영향을 받지 않으며, 연료소모율은 알콜이 차지하는 비율에 따른 가솔린 실제 비율은 감소한다고 볼 수 있다.

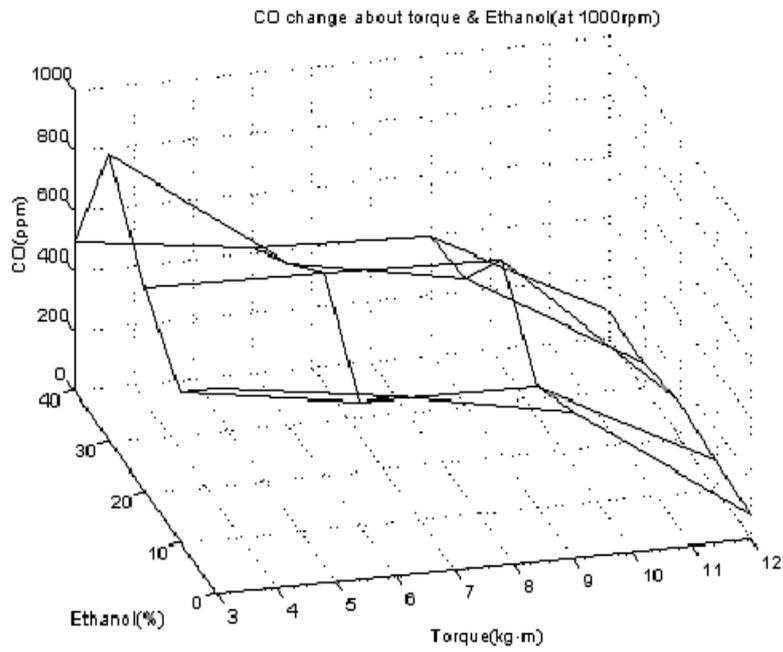


Fig. 4.34 CO variation according to torque and ethanol (at 1000rpm)

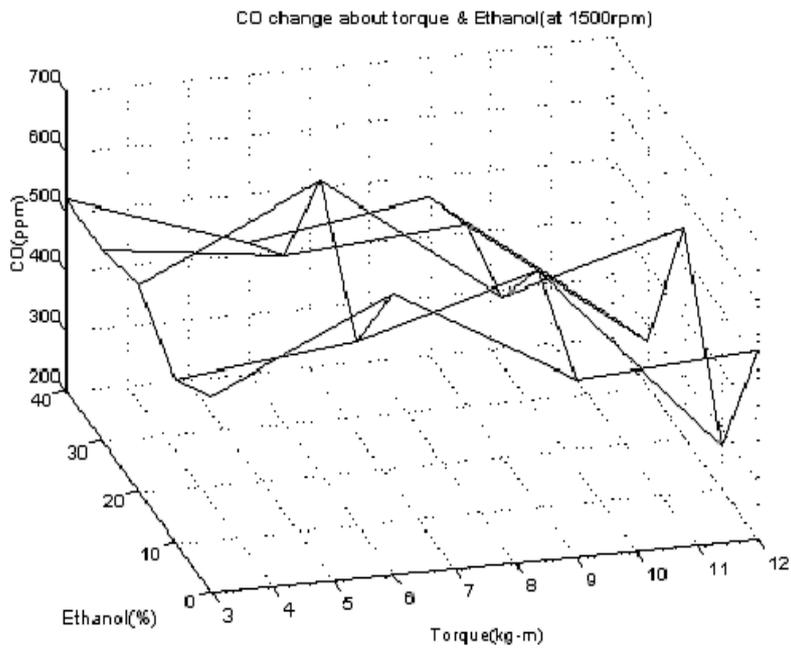


Fig. 4.35 CO variation according to torque and ethanol (at 1500rpm)

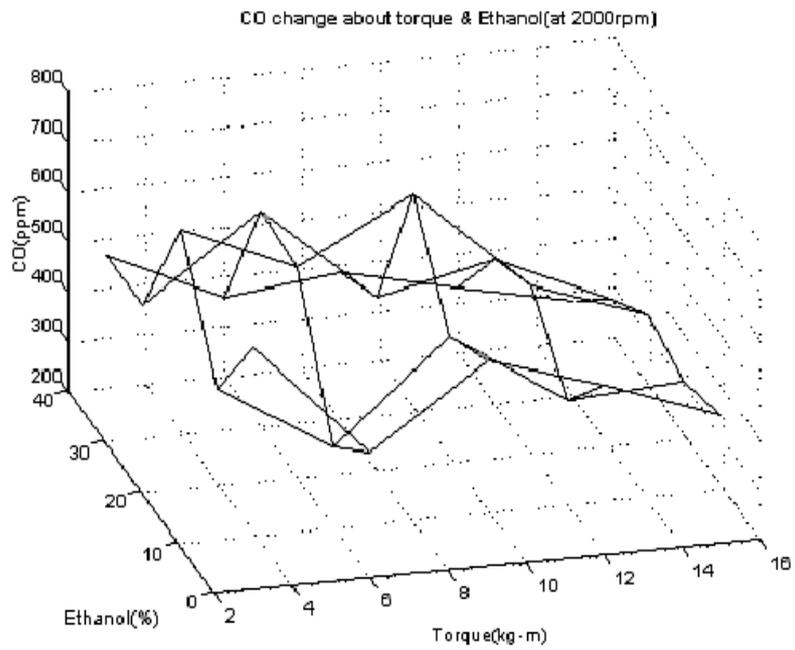


Fig. 4.36 CO variation according to torque and ethanol (at 2000rpm)

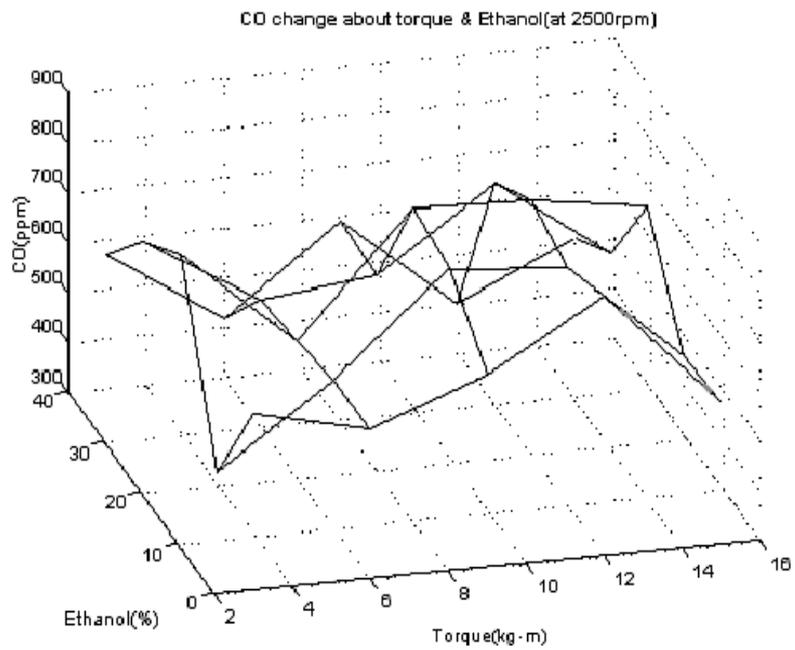


Fig. 4.37 CO variation according to torque and ethanol (at 2500rpm)

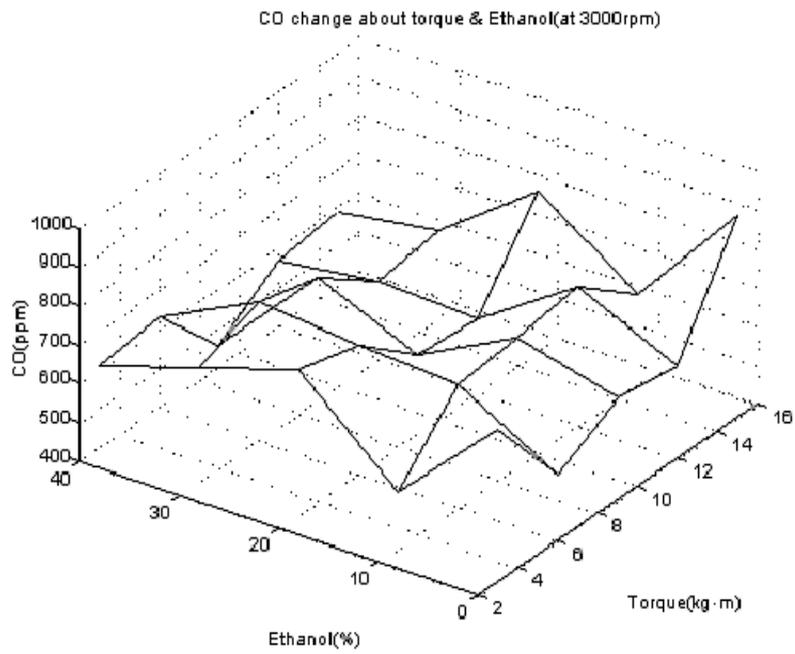


Fig. 4.38 CO variation according to torque and ethanol (at 3000rpm)

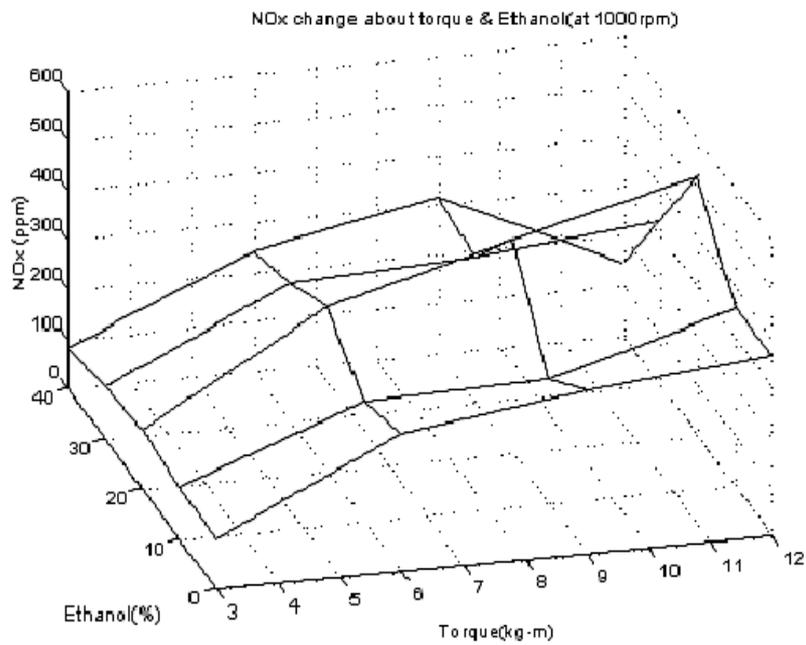


Fig. 4.39 NOx variation according to torque and ethanol (at 1000rpm)

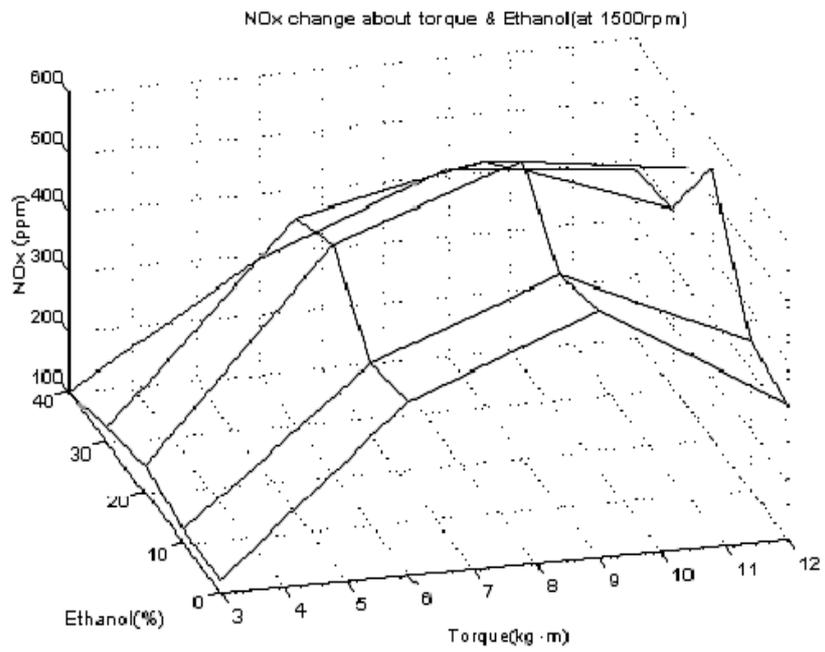


Fig. 4.40 NOx variation according to torque and ethanol (at 1500rpm)

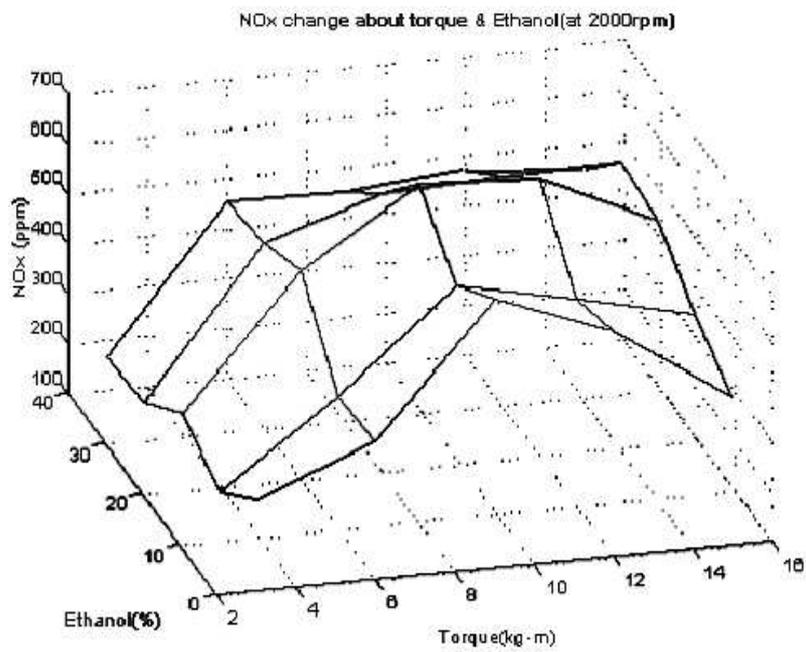


Fig. 4.41 NOx variation according to torque and ethanol (at 2000rpm)

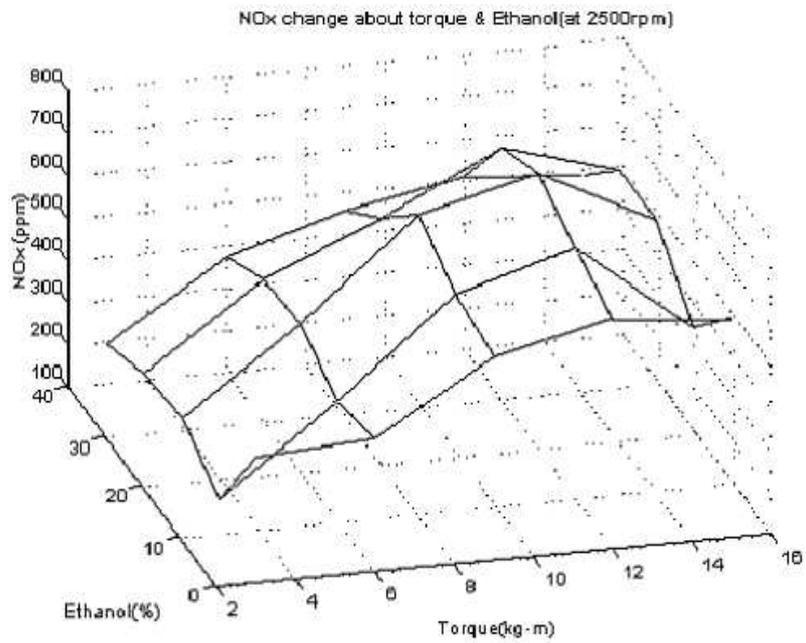


Fig. 4.42 NOx variation according to torque and ethanol (at 2500rpm)

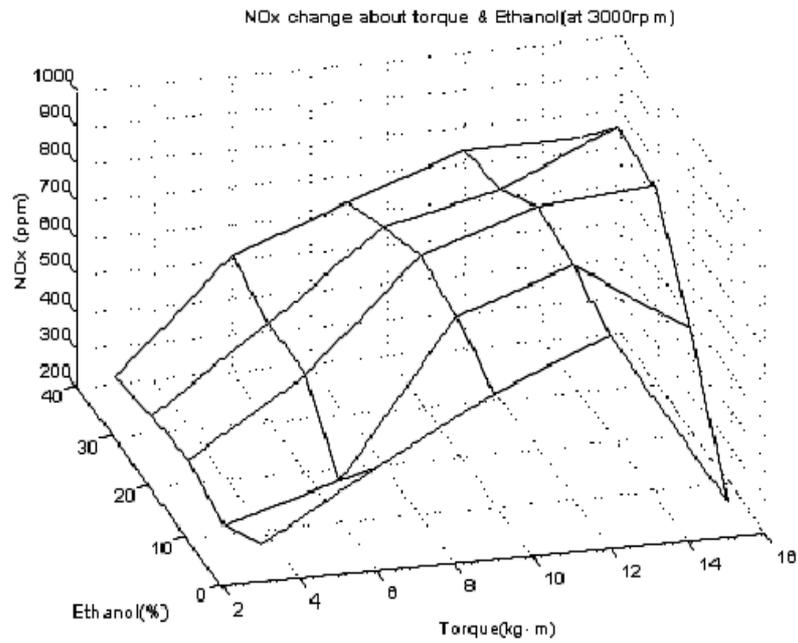


Fig. 4.43 NOx variation according to torque and ethanol (at 3000rpm)

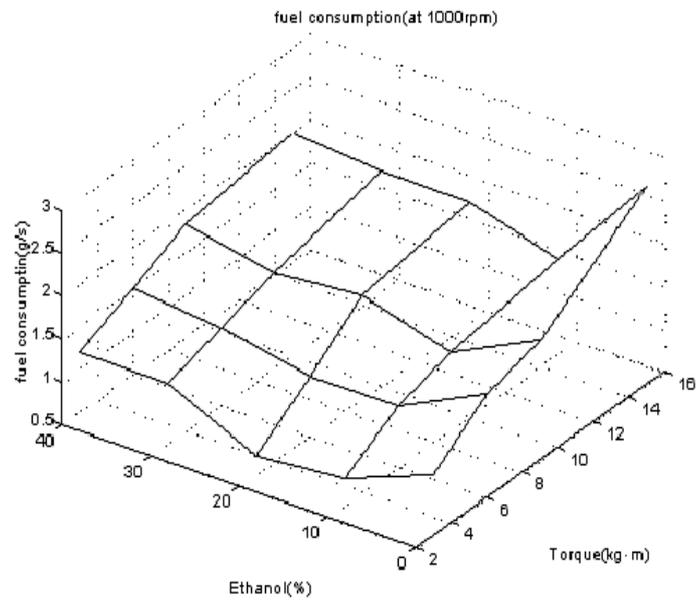


Fig. 4.44 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol (at 1000rpm)

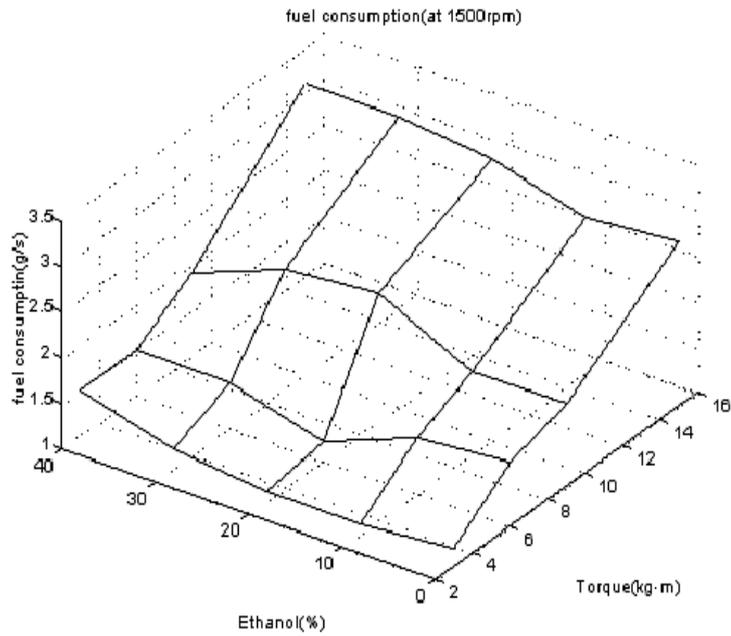


Fig. 4.45 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol(at 1500rpm)

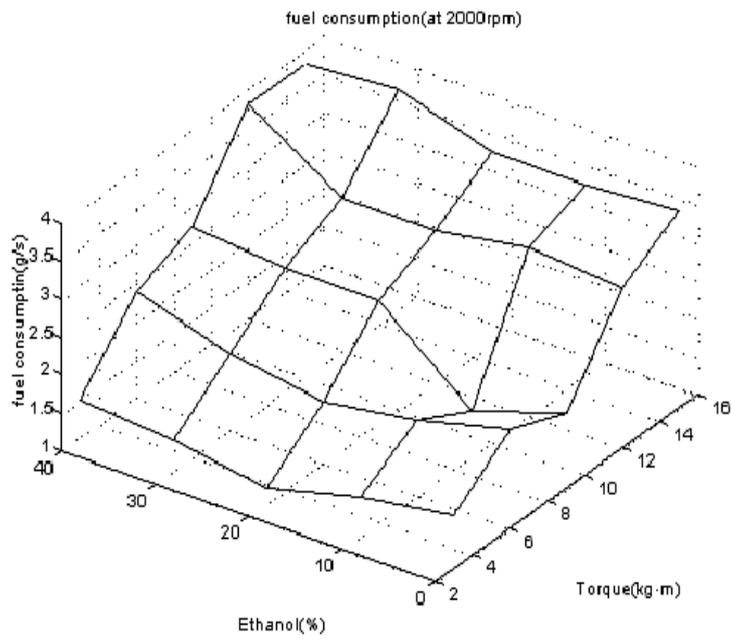


Fig. 4.46 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol (at 2000rpm)

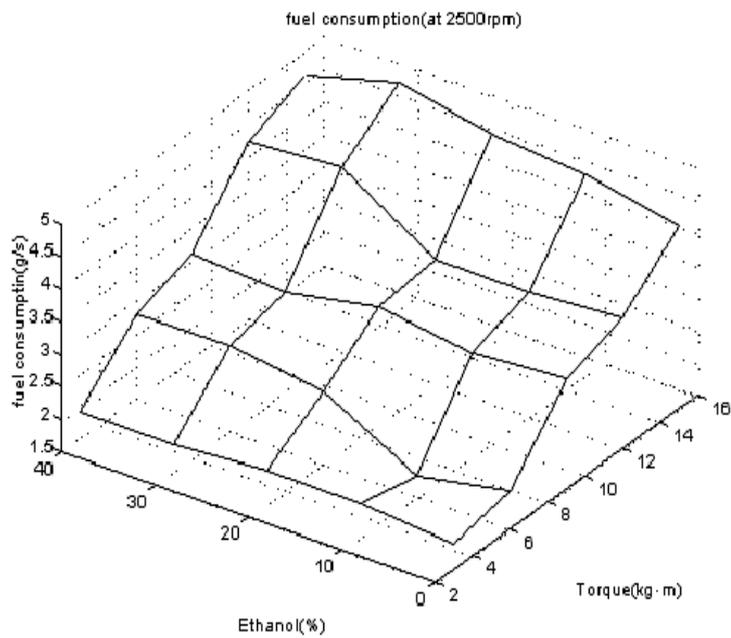


Fig. 4.47 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol (at 2500rpm)

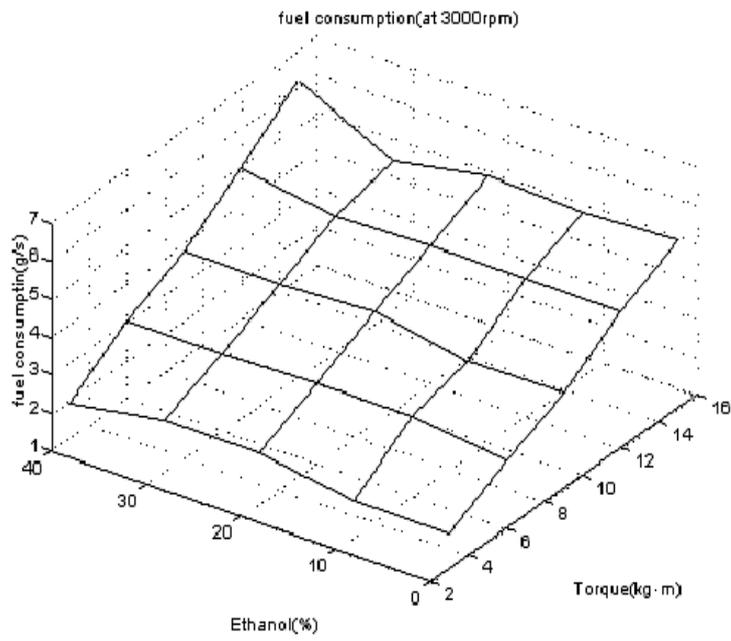


Fig. 4.48 Fuel consumption rate variation according to torque and ethanol (at 3000rpm)

V. 結論

DOHC 가솔린엔진에서 에탄올 혼합율이 배기특성과 연료소비량에 미치는 영향을 실험 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 에탄올 첨가비율에 따른 최대토크 변화특성은 에탄올이 10%일 때 토크가 제일 증가했으며, 첨가량이 증가할수록 Torque가 감소하였다.
 - 에탄올 첨가비율에 따른 일산화탄소 배출농도 특성은 에탄올 첨가비율 및 토크 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내지만 10%일 때 제일 감소한다.
 - 에탄올 첨가비율에 따른 질소산화물 배출농도 특성은 에탄올 첨가비율을 증가시켰을 때 보통 사용 영역에서는 큰 영향이 없고, 회전수와 토크가 증가하면 증가한다.
 - 에탄올 첨가비율에 따른 연료소비율 변화특성은 저 토크 및 저 회전수 영역에서는 에탄올 첨가와 함께 연료소비율이 감소하고 높은 토크와 회전수에서는 증가한다.
-
- 기존 엔진의 개조 없이도 발열량이 낮은 에탄올을 사용한 경우에 연료소비량이 낮아지는 것은 일정한 연소실에서 연료 공급에 의한 산소함량 증가로 연소가 활성화되어 연소효율이 향상되었기 때문으로 생각된다. 휘발유의 옥탄가 및 함산소 증가제인 MTBE의 대안으로 알콜연료를 실용화하면 앞에서 살펴본 바와 같이 MTBE의 문제점과 에너지 수요증가에 대한 대체에너지 개발이 촉진되어 환경오염방지에 지대한 공헌을 할 것으로 예상된다.

參考文獻

- [1] Brochure, 1991.7, 대체에너지 기술개발 사업안내, 에너지관리공단, 1991
- [2] 한국자동차 공업협회, 국내자동차 산업의 국제경쟁력 제고를 위한 자동차 환경 기술, 한국자동차공업협회, 1994.
- [3] 조경국, “자동차연료로서 알콜연료의 기술적 검토,” 한국자동차공학회지, Vol.6, No.2, pp.27-30, 1984
- [4] 한국자동차공업협회, 한국의 자동차 산업, 한국자동차공업협회, 1993.
- [5] 한영출, “세계의 에너지현황, 신 연료의 개발 및 에너지 절약기관에 대하여,” 한국자동차공학회지 Vol.6, No.3, 1984
- [6] Frank Black, “An Overview of the Technical Implication of Methanol and Ethanol as High Motor Vehicle Fuels” , SAE paper No. 912413, 1991
- [7] Kenji Katoh, Yoshihiko Imamura, Tokuta Inoue, “Development of Methanol Lean Burn System,” SAE No.860247, 1986
- [8] 장병주, “대체연료로서의 메탄올,” 한국자동차공학회지, Vol.6, No. 1, pp.11-20, 1984
- [9] 홍종준 외, 저공해 승용차 대체연료전환 타당성 조사연구 (II), 한국에너지기술연구소, 1992.
- [10] 환경청, 환경백서, 환경처, 1994.
- [11] 류정인, 가솔린-메탄올 혼합연료의 특성과 기관성능에 관한 연구, 기계공학과 박사학위 논문, 1985
- [12] 안순혁, 윤면근, 박세영, 조성철, 류정인, “가솔린-메탄올 혼합연료의 분무특성에 관한연구,” 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, pp.184-189, 1995.
- [13] 바이오매스 에너지의 개발 및 활용, 월간 신 재생에너지 기술동향 제7권 제7호
- [14] 류정인, “가스홀의 문제점과 그 대책,” 한국자동차공학회지, Vol.9, No.2, pp.12-16, 1987
- [15] 김종식 외, 해외출장보고서, 대한알콜산업 기술연구조합
- [16] 이영재 외, “알콜자동차에 관한 연구,” 한국에너지기술연구소, 1991.

- [17] 조용우, 김경원, 나상천, 나상천, “휘발유 배합 재로서의 MTBE”
한국자동차공학회지, Vol.13, No.1, pp. 25-34, 1991.
- [18] 박권하, 정용일, 김정흠, “저공해 연료의 개발현황과 환경오염에 미치는 영향에 관한
연구-합산소연료 및 개질연료에 관하여-,” 자동차공학회지, Vol.17, No.4, pp.14-20, 1995.
- [19] K. Jacques, T. P. Lyons, D. R. Kelsall, The Alcohol Textbook
3rd Edition 1999.
- [20] Procedures-Fermentation and Alcohol Methods, Microbiology Methods,
Brewing Distilling Methods, Alltech laboratories.
- [21] Brewing and Distilling Division, Laboratory Exercises. Alltech's 20th Annual
Alcohol School Alltech laboratories.
- [22] “Gaseous Fuels” SAE SP-798, 1989
- [23] Maxwell/Jones, “Alternative Fuels” SAE R-143, 1995
- [24] Robert Q. Riley, “Alternative cars in the 21st Century” SAE R-139, 1987
- [25] Klass, D.I., “Energy From Biomass and Waste X,” Elsevier Applied
Science Publishers, London.7, Lowenstein, 1987
- [26] Paul, J.K., “Ethyl Alcohol Production and Use as a Motor Fuel,”
Noyes Data Co., New Jersey, 1979.
- [27] Tillman, D.A. “Woods An Energy Resources,” Academic Press, New York, 1978.
- [28] U.S. EPA report, “Replacing Gasoline: Alternative Fuels for Light Duty
Vehicles,” PB91-104901, 1990.
- [29] U.S. EPA report, “Analysis of the Economic and Environmental Effects of
Ethanol as an Automotive Fuel,” PB90-222522, 1990
- [30] 김응서 외 “Alcohol-Gasoline 기관의 성능과 배출물에 관한 연구,” 한국자동
차공학회지, Vol.2 No.1, 1980.
- [31] 강성안, 박광암 자동차공학, 한국자동차연구학회, 차량기술사, 세문사 1995.
- [32] 김창호, “저공해 엔진 기술의 현황 및 방향,” 한국자동차공학회지,
Vol. 13, No. 3, pp. 68-75, 1991.

- [33] 대기환경수준현황, 환경부 대기정책과, 1990-1994.
- [34] 연료용 알콜의 최적생산비용체제 연구, 대한알콜산업기술연구조합, 1995.
- [35] 연료용 알콜 실용화 사업계획서-최종 보고서, 대한알콜산업기술연구조합, 1996.
- [36] 南基斗 外, Point Scale Multi-stage CSTR에서 전분질 원료를 이용하나 알콜생산, 한국산업미생물학회지, 22:80-84, 1994
- [37] 박권하,정용일,김정흠, 연료용 알콜이 환경오염 및 자동차 성능에 미치는 영향에 관한 연구 한국기계연구원-통상산업부 제출용
- [38] 자동차배출가스 오염도 측정 및 실용화 방안연구, 부산광역시 환경보호과/보건환경연구원/대한알콜산업기술연구조합 [주행시험기간 : 1995.12.7-1996.6.6], 1996.
- [39] Ethanol Tax Incentives and Issues, Davis Andress & Associates, Inc.
- [40] 정석진, “무연가솔린의 옥탄가 향상제인 MTBE의 특성,” 한국자동차공학회지, Vol.11, No. 6, pp. 24-27, 1989.
- [41] 김희철, 유병철, 내연기관, 문우당, 1970.
- [42] Biomass Utilization, Limits of, David pimentel, Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Vol 2, 2002.
- [43] Michael P. Walsh, Toxic Pollutants from Motor Vehicles, 1995.
- [44] 조강래, 자동차 배출가스에 의한 대기오염과 그 방지를 위한 기술적 대안, 기아환경심포지움 발표자료, 1994.
- [45] 조강래 등, 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(Ⅲ), 1991.

感謝의 契

본 논문이 완성되기까지 정성을 다하여 지도하여 주시고 항상 저에게 따뜻한 관심을 가져다 주신 박권하 교수님에게 진심으로 감사 드립니다. 그리고, 바쁘신 와중에서도 논문심사를 통하여 세심히 지도해 주신 최재성 교수님, 조권희 교수님께 깊이 감사를 드립니다.

처음 그 날처럼 열심히 한다고 했는데 항상 아쉬움이 많이 남지만 보다 성숙한 자세로 나를 돌아보는 기회로 삼겠습니다. 저하고 공부를 같이한 동료분들이 주마등 처음 스쳐지나 이제는 내 머리에서 희미하지만 나에게는 모두가 고마운 분들이다. 졸업한 분 임희성, 김재곤 선생, 소병두, 곽인석, 조현철, 조상무, 한진희 등에게 사회에서 큰 일꾼으로 있으며, 저와 같이 졸업하는 전재혁, 김성운, 김병철에게는 사회에 첫 출발이 순탄하길 기원하며, 앞으로 졸업하는 송영호 이사, 이화순 교수, 오승우, 장인선 등에게도 항상 행운이 있기를 기원합니다. 끝으로 새내기 김영환, 최창우, 김혜민, 김은영에게도 열심히.....? 본 연구를 수행하는 동안 많은 관심과 도움을 준 오승우, 전재혁에게 진심으로 감사합니다. 한국해양대학교가 내 곁에 있어 모든 사회 활동이 실패 풀리듯 순탄하게 잘되어서 늘 감사합니다. 갑신년 새해에는 해대인 모두가 건강하고 앞날에 행운과 발전이 있기를 간절히 바랍니다.

늘 내 곁에 든든한 후원자인 아내 하진희, 귀여운 내딸 박현정, 박수현, 오늘에 저를 있게 해준 어머니 김두영 여사님과 장인, 장모님에게 감사드리며, 우리가족인 큰형님 내외분 박홍도, 김봉림, 작은형 내외분 박홍수, 김미경, 누나 내외분 박계녀, 강호동, 마지막으로 사랑하는 동생 내외분 박홍석, 공은주에게도 고마움을 전하고 싶습니다. 그리고, 처남·처제분 하갑천, 하진정, 하도훈, 그리고 롯데자동차직업전문학교 관계자 분들에게 모두 감사 드립니다. 앞에서 열거하지는 않았지만 저를 아는 모든 분들에게 이 논문을 바칩니다.