

메탄올 개질 연료를 이용한 S.I. 엔진의 성능 및 배기 배출물 특성에 관한 연구

최승환* · 하철호* · 전중환** · 장영준†

(2000년 12월 30일 접수, 2001년 7월 10일 심사완료)

An Experimental Study on the Performance and Characteristics of Emission for an S.I. Engine with Methanol-Reformulated Fuel

Seung Hwan Choi, Chul Ho Ha, Chung Hwan Jeon and Young June Chang

Key Words : Methanol-Reformulated Fuel (메탄올 개질 연료), Cranking Characteristics (시동 특성), Acceleration Characteristics (가속 특성), Full Load Performance (전부하 성능)

Abstract

There are many regulation test methods to be related with engine emissions such as CVS-75, D-13, ECE-15 modes and so on. Most of these modes are consisted of lots of transient conditions that have rapid acceleration, deceleration and cranking modes. In this experimental research, the engine characteristics of cranking, accelerating and power output in a S.I. engine were studied to compare with neat gasoline and alternative fuels of M30 (methanol 30%, aromatic series 32%, non-aromatic 38%) and M50 (methanol 50%, aromatic 30%, non-aromatic 20%) for performance and exhaust emissions. The results show that reformulated methanol fuels are better emissions reduction of 15.7% over than that of neat gasoline fuel especially in HC and CO emissions at cranking mode. And the accelerating performances coincide with the results of distillation curve. CO concentration for M50 fuel is varied in a just little for the condition of slow acceleration. At wide-open throttle condition, brake specific energy consumption of reformulated fuels is increased and thermal efficiency is somewhat lower than that of gasoline fuel.

1. 서론

지구 환경보존을 위해 날로 강화되고 있는 자동차 배기관련 법규는 자동차 업계에 저공해 자동차 개발을 요구하고 있다. 이에 자동차 업계들은 메탄올, 천연가스, 전기, 수소 등을 사용하는 대체 연료 자동차의 개발에 박차를 가하여 왔다. 그러나 천연가스, 전기, 수소 등을 이용하는 자동차의 보급이 일반화되어 가솔린 자동차를 전면적으로 대체하기에는 아직 어려운 실정이며, 가솔린 연료를 사용하는 자동차가 무공해 자동차로 대체되는

데는 많은 기간이 소요된다. 따라서 일정기간 동안은 스파크 점화기관에서 기관의 변경 없이 가솔린 연료를 대체할 수 있는 연료의 개발이 필요한 실정이다.

대체 연료 중 메탄올은 가솔린과 비슷한 연료 특성으로 인해 기존엔진의 과도한 개조를 요구하지 않고, 기술적으로도 오랜 기간 연구되어온 대체 연료의 선두주자라고 할 수 있다.

현재까지의 연구결과를 살펴보면 Battista 등⁽¹⁾은 스파크 점화기관에서 순수 메탄올과 M85(메탄올 85% 혼합연료) 사용시 냉시동성을 향상시키기 위해 점화 시스템과 연료 공급 시스템을 변경하여 메탄올 혼합량의 증가에 따른 냉시동성 불량을 해결하기 위한 방안을 제시하였으며, Justin 등⁽²⁾은 메탄올(M85) 차량에서 냉시동성을 향상시키고, 시동시 발생하는 배기배출물을 저감시키기 위해 수소 공급장치를 별도로 설치하여 시동시에만 수소

* 회원, 부산대학교 대학원, 기계공학과

** 회원, 부산대학교 기계공학부

† 책임저자, 회원, 부산대학교 기계공학부

E-mail : changyj@pusan.ac.kr

TEL : (051)510-2332 FAX : (051)582-9818

연료를 사용하고 엔진이 시동된 후 일정 온도에 도달하면 메탄을 연료를 분사하는 방식과 촉매기 표면에 수소를 분사하여 촉매기 표면에서 직접 연소시킴으로써 시동시 촉매기를 예열하여 배기 배출물을 저감 시키고자 하였다.

Houliang 등⁽³⁾은 단기통 엔진에서 메탄올과 에탄올 혼합연료를 각각 이용하여 흡입되는 공기를 가열하여 연소실에서 발생하는 CO 와 CO₂ 등의 발생농도를 크랭크 각도별로 검출함으로써 혼합연료와 가열된 흡입 공기와의 화학 반응 메커니즘에 대해 연구하였으며, Alasfour⁽⁴⁾는 단기통 엔진에 메탄올 30%, 부탄올 30%, 가솔린 연료를 적용하여 공연비와 점화시기에 따른 출력특성과 연료소비율 및 열효율에 관해 연구하였고, 이 등⁽⁵⁾은 가솔린 기관의 구조를 변경하지 않은 상태로 메탄올을 체적단위 10%와 20%로 가솔린에 혼합하여 적용하고, 연소성능개선을 위하여 연료온도와 사이클 인자 등을 변화시켜 엔진의 성능, 연소특성, 배출물 중 HC 및 CO 의 배출 특성에 대해 연구하였다. 또한 이 등^(6,7)은 정적연소기 내에서 메탄올 연료의 연소특성에 대해 연구하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 현재까지 대부분의 연구는 냉시동성 및 정속 운전모드에 대해서만 연구가 이루어져 엔진 운전시 발생할 수 있는 다양한 조건에 대한 엔진성능과 배기배출물 특성에 관한 연구가 미비한 실정이며, 과도상태의 성능에 관한 연구는 많이 이루어지고 있지 않는 상태이다. 실제로 최근에는 차량 증가로 인해 도심지 내에서의 가감속 운전모드가 많아지고 있으며, Fig.1 과 같이 국내에서 채택하고 있는 배기가스 측정 모드인 CVS-75 모드에서도 과도 운전모드가 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존엔진의 하드웨어적인 구조와 전자 제어장치의 변경 없이 혼합연료가 아닌 메탄올 개질연료를 이용하여 워업(warm up) 되지 않은 시동조건에서의 엔진회전수, 연료분사량, 피드백신호 및 배기배출물 특성과 스로틀

밸브의 열림속도에 따른 가속조건에 있어서의 엔진 속도응답성과 배기배출물 특성, 그리고 전부하 조건에 있어서 엔진출력특성,

연료소비율, 사이클변동 및 배기배출물 특성에 대하여 연구하고자 한다.

2. 연료, 실험장치 및 실험방법

2.1 연료

자동차용 연료로서 현재 널리 사용되고 있는 액체연료는 원유를 정제한 저비점(30~200℃)의 C₄~C₁₂ 성분을 포함하는 200 종류 이상의 탄화수소로 구성되며, 파라핀계(Paraffin series, C_nH_{2n+2}), 올레핀계(Olefin series, C_nH_{2n}), 나프텐계(Naphthene Series, C_nH_{2n}), 방향족(Aromatic series, C_nH_{2n-2})의 4 가지로 크게 분류된다.

방향족 성분은 탄화수소 농도가 높기 때문에 체적당 발열량이 높고, 저장성이 안정적이며, 옥탄가가 높아 안티노킹의 조성에 중요한 수단으로 사용되지만, 연소시 그을음이 발생되며, 용해성이 높아 가스켓 등을 녹이거나 부풀리는 부작용이 있어서 현재 국내에서는 체적단위로 35% 이내로 규제하고 있다. 특히 벤젠의 경우는 저급연료의 옥탄가를 높이는데 아주 우수한 혼합제로 알려져 있지만, 독성이 있어 성분이 체적단위로 2% 이내로 제한되어 진다.⁽⁸⁾

지금까지 메탄올-가솔린 연료에 관한 실험의 대부분은 가솔린과 메탄올 연료를 일정한 체적비율로 혼합한 것이다. 이에 비해 본 실험에 사용한 연료는 메탄올과, 가솔린 연료 중의 각종 성분을 이용한 새로운 개질 연료로써 각각의 체적 비율과 연료 성상은 Table 1 에 나타낸 것과 같으며, 편의상 가솔린, M30, M50 으로 명명한다.

연료의 휘발성을 정량적으로 나타내는 방법중의 하나로 증류곡선(Distillation curve)이 사용된다. 증류곡선은 온도와 증류량과의 관계를 도시한 것으로, 곡선이 아래 측에 있을수록 일반적으로 휘발성이 좋은 연료라고 할 수 있다. 10% 증류점은 저온시동성에 큰 영향을 미치며, 50% 증류점 부근에서 유출되는 비율이 많아지게 되면 운전성이 나빠지며, 가속시 엔진의 회전상태가 고르지 못한 현상이 발생하기도 하며, 중속회전에서 고속회전으로 옮겨가는 것이 순조롭지 못하다. 90% 증류점은 엔진의 최대출력과 연소실 및 점화플러그 등에의 퇴적, 윤활유 회석에도 영향을 미치며, 유출되는 비율이 많아지게 되면 스로틀 밸브의 전개운전

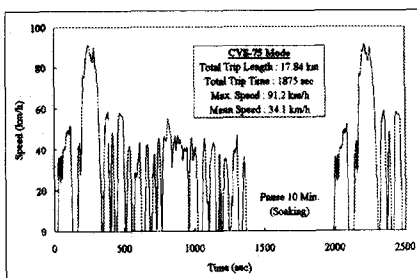


Fig. 1 CVS-75 test mode

때 출력이 증대되는 경향이 있다.⁽⁹⁾ Fig.2 는 본 연구에 사용된 연료들의 증류곡선이다. 10%와 90% 증류점 부근은 가솔린과 차이를 보이지 않지만, 50% 증류점 부근에서는 다소 차이를 보이고 있다.

2.2 실험장치 및 방법

실험 장치도는 Fig. 3 과 같으며, 엔진의 제원은 Table 2 와 같다. 사용된 엔진은 기존의 ECU 및 독립적으로 엔진을 제어할 수 있는 프로그램 가능한 ECU 가 설치되어 있다. 연소압력 계측을 위해 스파크 플러그형 압력센서를 사용하였으며, 엔진 각부의 센서로부터 데이터를 취득할 수 있는 15 개 채널의 데이터 취득 시스템이 연결되어 압력, 분사시기 및 기간, 점화시기 그리고 산소센서 신호, 냉각수온도, 흡기온도, 스톱밸브의 개도량, 엔진 회전수 등 엔진 각부의 상황을 취득 및 모니터링 할 수 있다. 그리고 시동시의 공연비를 검출하기 위해 별도의 광역 산소센서를 배기관에 설치하였으며, 가속성 실험을 위해 가속시간의 변화는 스톱밸브에 설치된 스텝 모터로 제어 하였다. 또한, 전부하 특성 실험시 엔진에서 소모되는 연료의 유량을 측정하기 위한 연료소비량 측정계를 사용하였다.

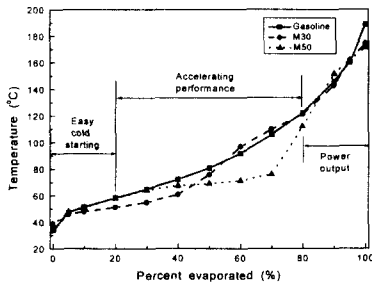
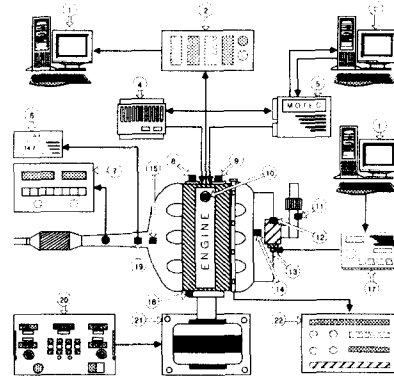


Fig. 2 Distillation curves of fuels

연료에 따른 시동성 및 공회전의 특성을 알아보기 위해 기존의 ECU 를 사용하여 엔진을 구동 하였으며, 엔진회전수, 연료분사량, 공연비, 산소센서의 기전력 및 배기가스를 검출하였다. 시동시의 재현성은 냉각수온과 흡기온도에 가장 밀접한 영향을 받으므로 이를 최소화하기 위해 냉각수온도 23± 1℃와 흡기온도 24± 1℃의 범위 내에서 실험을 실시하였다.



- 1. Computer
- 2. Data acquisition system
- 3. ECU control PC
- 4. ECU
- 5. Programmable ECU
- 6. A/F ratio displayer
- 7. Exhaust gas analyzer
- 8. Encoder
- 9. Cam sensor
- 10. Pressure sensor
- 11. AF sensor
- 12. TP sensor
- 13. Stepping motor
- 14. MAP sensor
- 15. Oxygen sensor
- 16. Interface
- 17. ET sensor
- 18. Wide range oxygen sensor
- 19. Dynamometer controller
- 20. Dynamometer
- 21. Fuel measuring instrument

Fig. 3 Schematic diagram of experimental setup

Table 2 Specification of test engine

Item	Specification
Engine type	4 cylinder, SI engine
Valve mechanism	DOHC
Displacement (cc)	1799
Bore× Stroke (mm)	81.6 × 86
Compression ratio	9.8

Table 1 Comparison of fuel properties

Item \ Fuel	Gasoline	M 30	M 50	Test method
Fuel composition Vol. (%)	Gasoline 100%	Methanol 30% Aromatic 32% Non-aromatic 38%	Methanol 50% Aromatic 30% Non-aromatic 20%	
Vapor pressure (kPa)	68.65	67.67	71.59	ASTM D323
Specific gravity (15/4℃)	0.7228	0.7613	0.7797	ASTM D4052
Octane number (RON)	92.2	96.2	121.0	ASTM D2699
LHV(kJ/kg)	41993	36760	31024	KS M 2057-97

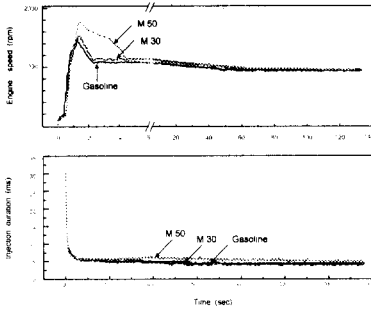


Fig. 4 Comparison of engine revolution and injection duration

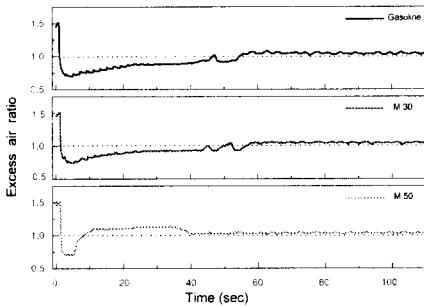


Fig. 5 Comparison of excess air ratio

연료별 가속성 실험을 위해서는 기존의 ECU 를 사용하였으며, 가속구간은 1500 에서 약 3000rpm 범위로 하였다. 부하는 본 실험에 사용된 엔진의 최대 토크인 18.4 kg· m 의 1/4 에 해당하는 4.6 kg· m 의 부분부하 조건으로 실험을 수행하였다. 이때 스로틀밸브의 열림 속도는 연료 각각에 대해 0.5, 1, 2, 3 초이며, 스로틀밸브의 열림 정도는 연료에 따라 20± 1%이다.

전부하특성에 있어서는 W.O.T.(wide open throttle) 상태에서 가솔린의 이론 공연비인 14.7:1 로 연료 분사량을 설정하였으며, 분사시기는 모든 연료에 대해 동일하게 적용하였다. 그리고 연소실내에 부착된 압력센서와 동력계를 이용하여 연소압력과 토크를 검출하였으며, 동시에 연료소비량 및 배기 가스 농도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시동성

Fig.4 는 각 연료에 따른 엔진 시동 후부터 135 초까지의 엔진회전수와 분사시간을 나타내고 있다. 가솔린과 M30 연료는 유사한 경향을 보이지만 M50 연료는 엔진속도가 다소 높게 유지되는 시간

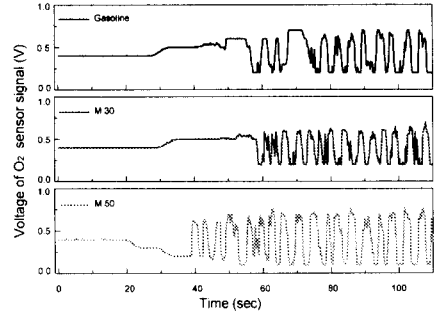


Fig. 6 Comparison of O₂ sensor output voltage

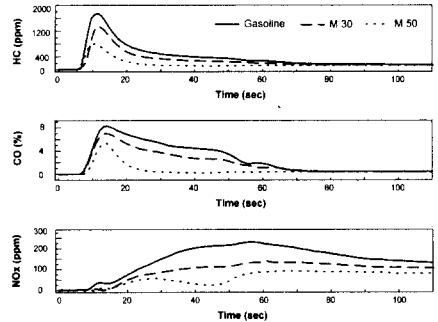


Fig. 7 Comparison of exhaust emission response

이 길게 나타났다. 이는 시동시 ECU 의 초기의 연료 분사량 제어 시스템이 산소센서가 정상 작동되기 이전의 오픈 루프 제어 기간이기 때문에 연료의 종류에 관계없이 동일한 연료량을 분사하게 된다. 가솔린의 경우 최초 시동에 필요한 연료는 아주 농후하게 분사된다. 이에 비해 가솔린보다 이론 공연비가 낮은 M50 연료는, 가솔린의 경우와 동일한 양이 분사되지만, 연소실내에서 가솔린보다는 상대적으로 희박한 상태로 공급되어 연소가 활발히 이루어져 높은 회전수가 다소 길게 유지되는 것으로 사료된다.

Fig. 5 는 별도로 설치한 충분히 자체 예열 된 광역 산소센서의 공연비를 나타낸 것이며, Fig.6 은 초기에 발생하지 않는 산소센서 기전력이 시간이 경과함에 따라 정상적인 시그널을 발생하는 것을 보여준다.

가솔린과 M30 연료의 경우 시동 후 약 30 초 부근에서 산소센서의 기전력의 변화가 시작되어 60 초 근방에서 본격적인 피드백 제어가 이루어지는 반면, M50 연료는 이보다 빠른 약 20 초와 40 초에서 각각 이루어진다. 따라서 약 40 초 부근에서 M50 연료가 희박한 상태라는 것이 연료제어시스템에 인식되어 연료분사량이 증가되는 것이며, M50 은 피드백 제어가 빨리 이루어지기 때문에

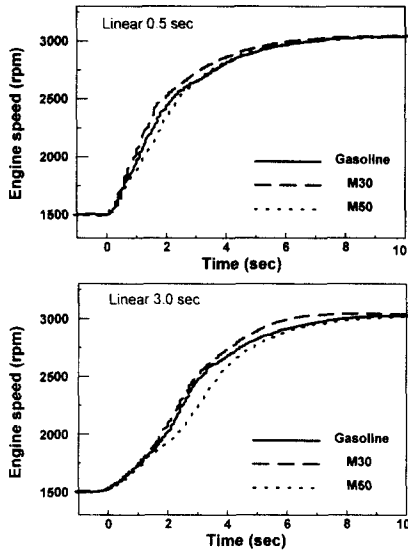


Fig. 8 Comparison of engine speed response

배기배출물에도 영향을 미치게 된다.

Fig.7 은 시동시의 배기가스를 나타낸 것이다. 일반적으로 S.I.엔진에 있어서 배기배출물은 시동시 발생하는 양이 전체 발생량 중 상당히 많은 부분을 차지한다. 특히 HC 는 CVS-75 모드에 있어서 시동 후 200 초 이내에 발생하는 양이 전구간 발생량의 60~80%를 차지하고 있기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해 촉매의 예열, 촉매에 첨가제를 사용하는 등 여러 가지 방법이 시도되고 있다. 이와 같이 HC 는 가솔린 연료를 사용한 경우, 최초 시동시 아주 농후한 조건에서 연소 됨에 따라 상대적으로 많이 발생하는 시동 직후 60 초 이내의 구간에서 M30 연료와 M50 연료에 비해 많이 배출됨을 알 수 있다. CO 역시 피드백 제어가 이루어지기 전에 M50 연료가 희박조건 운전으로 인해 가장 적게 배출되었다. NO_x는 초기에는 큰 차이가 없지만 시간이 경과함에 따라 가솔린 연료에서 많이 배출되었으며, M50 연료의 경우 순간적으로 값이 변한 것은 피드백 제어가 이루어짐에 따라 M50 연료 사용시 급격한 공연비 변화를 일으키는 구간에 해당되기 때문으로 사료된다.

3.2 가속성

Fig.8 은 1500 에서 3000rpm 까지 가속했을 때 시간에 따른 엔진회전속도의 변화를 나타낸 것이다. 가속시간 0.5, 1, 2, 3 초에 대해 모두 비슷한 경향을 보였으며, 대표적으로 0.5 초와 3 초에 대해서만 나타내었다. 실험결과 M30 연료는 가솔린에 비해 다소 빠른 응답성을 가지는 반면, M50 연료는

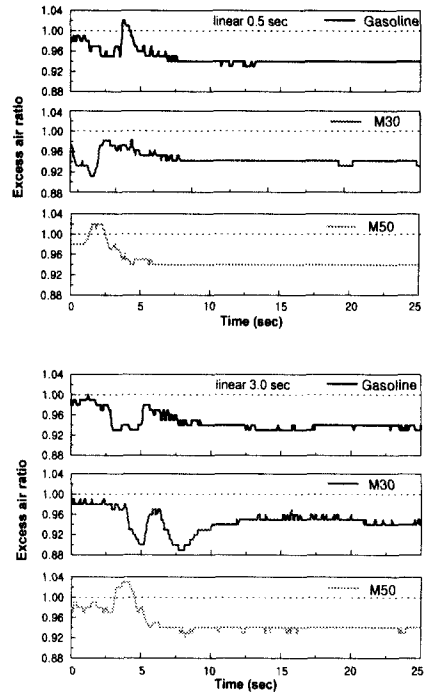


Fig. 9 Comparison of excess air ratio

가속에 따른 응답성이 다른 연료에 비해 느림을 알 수 있었다. 전자제어 가솔린 엔진에서 연료는 흡기포트에 부착된 연료 인젝터에서 분사되어 연소실내로 들어간다. 그러나 실제로 인젝터를 나온 연료는 그 일부가 흡기포트의 내벽이나 흡기밸브에 부착된 다음 나머지가 연소실로 들어가기 때문에 출력제어를 위해 스로틀 밸브를 열어도 그 즉시 필요로 하는 연료량 만큼이 아니므로 혼합기는 한때 희박하게 된다. 이를 보정하기 위해 스로틀 포지션 센서는 스로틀밸브를 급하게 열었을 때 연료를 보조 증량 시키게 된다. 따라서 가속시 연료 증량을 위한 피드백 제어가 이루어 질 때, Fig.9의 가속시 공기과잉률 변화에서 보는 바와 같이 M50 연료가 이론 공연비가 가장 낮기 때문에 연료 분사량의 피드백이 빠르게 이루어지지 못한 결과로 사료되며, 또한 연료 종류 곡선의 가속성에 영향을 미치는 50% 증류점의 특성과 관련이 있는 것으로 연료의 증류 특성의 변화를 통해 가속성을 향상 시킬 수 있음을 보여주는 것이다.

Fig.10 은 가속시 배기배출물의 결과이다. 가속시간 3 초인 완만 가속의 경우는 각 연료에 대해 배출물 변화 시점과 변화 양상에 많은 차이를 가져온다. 이것은 가속시간이 상대적으로 길기 때문에 연료에 따른 연소 특성이 충분히 반영된 결과로 사료된다. 전반적으로 M50 연료, M30 연료 그

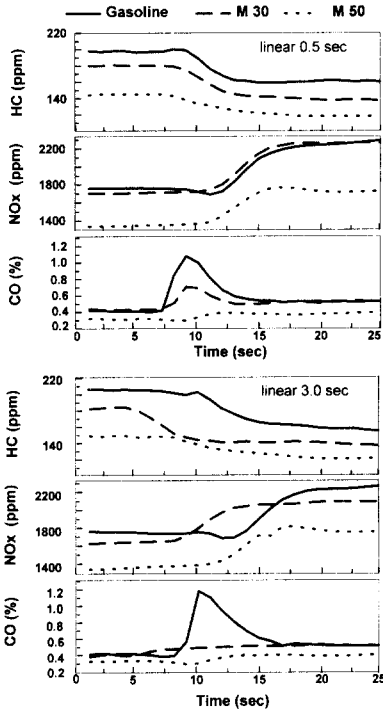


Fig. 10 Comparison of exhaust emission response

리고 가솔린 연료 순으로 배출물의 특성이 좋음을 관찰할 수 있다.

먼저 HC는 빠른 응답 특성을 가지기 때문에 다른 배출물보다 변화 시점이 빠르게 나타난다. 그리고 1500rpm 보다는 3000rpm 조건에서 그 양이 감소됨을 알 수 있다. NOx의 경우 변화 시점이 상대적으로 늦게 나타나는데, NOx가 고온의 조건에서 반응할 때의 요구시간 때문으로 판단된다. 그리고 CO의 경우, M50 연료는 가속에 따른 변화가 거의 변하지 않음을 확인할 수 있었으며, M30 연료 사용시 급가속보다 완만가속의 경우가 CO 발생 증가가 작음을 알 수 있다. 이로부터 특히 M50 연료는 도심지 내에서 사용 가능한 청정연료라고 사료되며 운전자의 운전습관이 배기가스에 영향을 미침을 예측할 수 있다.

3.3 전부하특성

Fig.11은 W.O.T.상태에서 광역 산소 센서로 측정된 공연비 λ=1에 해당하는 연료 분사량을 설정하여 실험한 엔진 출력 특성이다.

토크는 연료소비량이 가장 많은 M50 연료가 가장 높게 나타났으며, M30 연료는 가솔린 보다 연료소비량이 많음에도 불구하고 다소 적은 토크가 발생하였다. 전반적으로 토크의 대소는 큰 차이가 없으나, 제동 연료소비율에는 많은 차이를

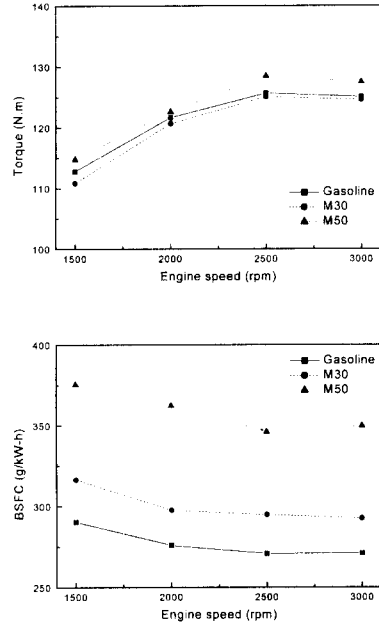


Fig. 11 Comparison of torque and brake specific fuel consumption

보고 있다. 연료소비율이 가솔린에 비해 많은 이유는 가솔린 연료에 비해 M30 연료와 M50 연료가 이론공연비가 낮기 때문에 가솔린에 대한 이론공연비로 엔진을 운전할 경우 동일한 흡기유량에 대해 요구되어지는 연료가 많아지기 때문이며, 이때 발생한 토크는 연료의 저위발열량과도 밀접한 관계가 있다.

단일 연료를 사용하는 경우 기관의 연료경제성을 비교할 때는 일반적으로 제동 연료소비율을 사용한다. 그러나 발열량이 다른 여러 연료를 사용할 때는 발열량이 고려된 제동 에너지소비율로 비교하는 것이 정확하다. 제동 에너지소비율은 다음 식과 같다.

$$bsec(J/kW \cdot h) = \frac{m(g/h) \times Q_{LHV}(J/g)}{P_b(kW)} \quad (1)$$

여기서 m(g/h)은 연료질량 유동율, P_b(kW)는 제동동력, Q_{LHV}(J/g)는 저위발열량이다.

Fig.12는 제동 에너지소비율과 열효율을 나타낸 것으로 M30 연료와 M50 연료의 경우는 전운전 영역에 대해 비슷한 값을 보이지만, 연료소비율이 가장 좋았던 가솔린의 경우는 다소 많은 양의 에너지소비를 요구하고 있음을 알 수 있다. 이는 가

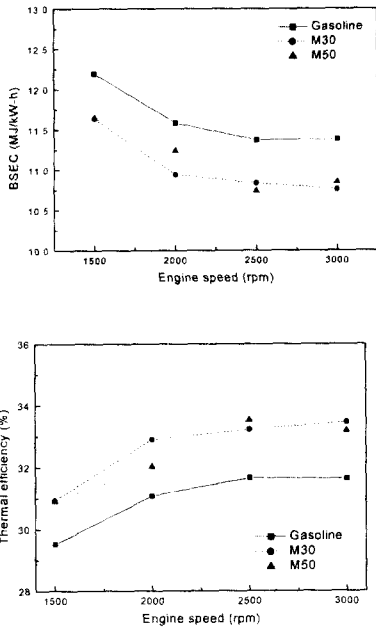


Fig. 12 Comparison of brake specific energy consumption and thermal efficiency

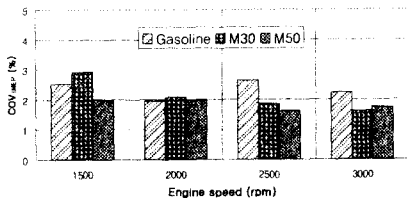


Fig. 13 COV of IMEP over 100 cycles

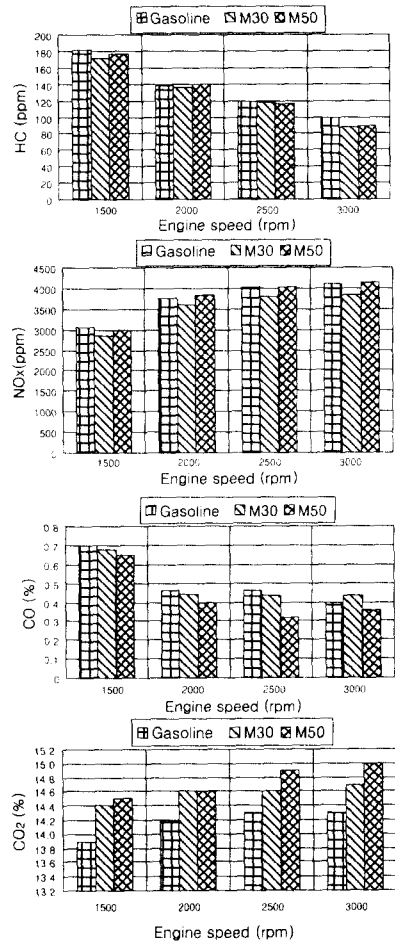


Fig. 14 Comparison of exhaust emission

솔린 연료가 다른 연료들 보다 발열량이 상대적으로 높기 때문이다. 이상으로부터 각 연료들의 에너지소비율은 연료소비율보다는 발열량이 지배적인 인자임을 알 수 있다.

Fig.13 은 연속된 100 사이클에 대한 도시평균유효압력의변동계수(COV, coefficient of variation)를 나타낸 것으로 일반적으로 사이클 변동계수가 10%를 초과할 경우에는 운전성에 문제가 있는 것으로 판단하고 있다. 모든 연료에 대해 3% 이내의 범위를 만족하며, 이는 연료 증류곡선의 90% 증류점 이상에서 각각의 연료증류 성상이 유사하다는 것과도 관련이 있으며, 이로부터 연료에 따른 운전성에는 문제가 없는 것으로 사료된다.

Fig.14 는 W.O.T.조건에서의 배기가스 결과이다. HC의 경우 전부하 정속 상태에서는 시동시와 부분부하 가속상태의 배출 특성과는 달리 연료에 따른 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 이는 전부하

상태로 운전시 연소온도가 다른 운전조건보다 높기 때문에 연료 조성 성분에 따른 영향이 크게 반영되지 않은 것으로 생각된다. CO의 경우는 전반적으로 가솔린에 비해 메탄올 혼합연료가 적게 발생하는 결과를 나타내어 가솔린 연료에 비해 메탄올 개질 연료가 불완전 연소가 적게 발생함을 알 수 있다. 열적 NO_x가 대부분을 차지하는 질소산화물의 경우는 가솔린 연료와 M50 연료가 M30 연료에 비해 많이 발생되며, 이는 각 연료에 따른 발생 토크와 관련하여 고려해 볼 때 M30 연료에 비해 가솔린 연료와 M50 연료가 다소 높은 토크를 나타내며 이 때 연소온도가 높아서 NO_x가 M30 연료에 비해 다소 많이 발생한 것으로 사료된다. 또한 CO₂의 경우는 연료소비량에 비례하여 M50 연료가 가장 많이 발생하였다.

4. 결론

기존의 전자제어 가솔린 엔진의 구조변경 없이, 대체연료로서 개질 메탄올 연료를 적용하여 엔진의 시동성, 가속성, 전부하 특성 및 각각의 배기 배출물의 특성을 파악하고, 가솔린 연료를 사용한 경우와 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 혼합 연료는 M30 연료의 경우 증류 곡선중의 10%, 50%, 90% 증류점이 가솔린 연료와 유사한 경향을 보이지만, M50 연료는 50% 증류점 부근에서 가솔린 보다 유출되는 양이 상대적으로 많았으며 이는 시동성에 영향을 끼친다.

(2) 시동성에 있어서 엔진 회전 속도의 변화는 가솔린 연료와 M30 연료가 유사한 경향을 보이지만, M50 연료는 초기에 높은 엔진 회전 속도를 유지하는 시간이 길어지므로, 시동시 피드백 제어는 M50 연료가 가장 빨리 이루어 진다. 또한 배기 배출물은 시동시 문제가 되는 HC 의 경우 가솔린에 비해 M30 연료는 15.7%, M50 연료는 51.2%가 감소되었으며, CO 와 NO_x 또한 가솔린에 비해 적게 배출되는 결과를 보였다.

(3) 가속성능은 M30 연료 사용시 가장 빠른 엔진 속도 응답성을 보였으며, M50 연료는 피드백 제어를 통한 연료 분사량 증가의 응답 지연이 커서 다소 응답성이 떨어졌다. 배기배출물 중 CO 는 M50 연료 사용시 가속시에도 특별한 증가가 없는 것으로 나타났으며, M30 연료는 완만가속의 경우 CO 의 급격한 증가가 없었다.

(4) 전부하 특성에 있어서 출력 특성에는 가솔린 연료와 M30 연료, M50 연료 모두 큰 차이를 보이지 않았지만, 제동 연료소비율은 가솔린에 비

해 높은 결과를 나타내었다. 하지만 발열량의 차이를 고려한 제동 에너지소비율은 가솔린이 가장 높은 결과를 보였다. 배출가스는 CO₂ 를 제외한 성분들은 가솔린에 비해 다소 적게 배출되는 결과를 가져왔다.

참고문헌

- (1) Battista, V, Gardiner, D.P, and Bardon, M.F, 1990, "Review of the Cold Starting Performance of Methanol and High Methanol Blends in Spark Ignition Engines : Neat Methanol," SAE paper No.902154.
- (2) Justin Fulton, Frank Lynch, Bryan Willson, 1995, "Hydrogen for Cold Starting and Catalyst Heating in a Methanol Vehicle," SAE paper No.951956.
- (3) Houliang Li, Srinivasa K. Prabhu, David L. Miller, 1995, "The Effects of Methanol and Ethanol on the Oxidation of a Primary Reference Fuel Blend in a Motored Engine," SAE paper No.950682.
- (4) Alasfour, 1997, "Butanol-A Single Cylinder Engine Study : Engine Performance," *Int. J. energy Res.*, Vol. 21, pp. 21~30.
- (5) 이창식, 1996, "메탄올 혼합연료가 기관 연소 특성에 미치는 영향," 대한기계학회논문집, 제 20 권, 제 10 호, pp. 3381~3386.
- (6) 이태원, 이중순, 탁영조, 정석식, 하종률, 1994, "정적연소기를 사용한 메탄올의 연소특성에 관한 연구," 대한기계학회논문집 제 18 권, 제 2 호, pp. 389~397.
- (7) 이중순, 이태원, 박일주, 정석식, 하종률, 1995, "유동 분위기에서 메탄올의 연소특성에 관한 연구," 대한기계학회논문집 제 19 권, 제 8 호, pp. 2022~2029.
- (8) <http://www.autoenv.org>
- (9) ACEA, Alliance, EMA, JAMA, 2000, "World-Wide Fuel Charter," pp. 19~32.