

스파크 점화기관에서 가솔린 에탄올과 메탄올 혼합 연료의 성능과 배기 특성

한성빈^{1†} · 박준영²

¹인덕대학교 기계자동차학과, ²신안산대학교 기계설계과

Performance and Emission Characteristics of Ethanol and Methanol Gasoline Blended Fuels in a Spark Ignition Engine

SUNG BIN HAN^{1†}, JUN YOUNG PARK²

¹Induk University, Department of Mechanical & Automotive Engineering
12 Choansan-ro, Nowon-gu, Seoul, 01878, Korea

²Shin Ansan University, Department of Machine Design
135 Sinansandaehak-ro, Danwon-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15435, Korea

Abstract >> Alcohols are particularly attractive as alternative fuels because they are a renewable resource. This paper describes the performance and emission characteristics of ethanol and methanol gasoline blended fuels in a spark ignition engine. This experimental results showed that alcohol gasoline blended fuels decreased the torque, brake mean effective pressure, and brake power decreased when alcohol blended fuels were applied to a gasoline engine and also CO, HC and NOx emissions were reduced in accordance with the contents of alcohol contents.

Key words : Ethanol(에탄올), methanol(메탄올), blended fuels(혼합연료), engine speed(기관속도), CO(일산화탄소), HC(탄화수소), NOx(질소산화물)

1. 서 론

현재 전 세계적으로 대기오염 문제가 심각히 대두되고 있다. 엄격한 배기가스 규제로 인하여 자동차의 배기가스 저감에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 시점에서 무엇이 가장 최선의 방법인가를 생각해 본다. 수소, 천연가스, 알콜 등의 연료를 사용할 수 있다.

여러 가지 연료 중에서 알콜연료에 대한 연구가

오랜 기간 동안 행하여지고 있는 것이 사실이다. 화석연료의 고갈과 대기환경 문제로 인하여 바이오 연료의 연구가 진행되고 있으며, 메탄올, 에탄올과 같이 알콜 연료는 바이오 연료의 범주에서 중요한 역할을 하고 있다^{1,2)}.

메탄올은 석탄, 바이오매스 뿐만 아니라 천연가스 등으로 부터도 만들어 낼 수 있다. 또한 가격면에서도 경제적인 가치가 충분히 있는 것으로 알려져 있다. 에탄올은 사탕수수과 발효에 의한 녹말로부터 얻을 수 있다. 알콜연료는 화석연료를 대체할 수 있는 재생연료로 대두되고 있는 실정이다.

바이오매스, 재생연료로부터 메탄올과 에탄올을

[†]Corresponding author : sungbinhan@induk.ac.kr

Received: 2016.7.17 in revised form: 2016.8.1 Accepted: 2016.8.30

Copyright © 2016 KHNES

Table 1 Engine specifications

Items	Specifications
Type	Air-Cooled
Displacement	445 cc
Bore × Stoke	90 × 70 mm
Connecting Rod Length	133 mm
Compression Ratio	4.5

얻을 수 있다는 것은 참으로 매력적인 결과라고 할 수 있다. 또한 가솔린과 알콜 연료를 혼합하는 연구도 활발히 진행되고 있다³⁻⁵⁾.

HC를 이미 포함하고 있는 가솔린 연료는 특히 크린 연료로 보기 어렵다. 하지만 순수알콜은 이미 산소를 함유하고 있는 구조로 되어져 있어서 가솔린 연료에 비해서 더욱 균질한 연소를 수행할 것으로 판단된다.

가솔린, 특히 무연가솔린과 에탄올, 메탄올 혼합을 하는 경우는 가솔린 연료에서 발생하는 배기가스를 현저하게 저감시킬 수 있는 특징을 가지고 있는 것으로 알려져 있다^{6,7)}.

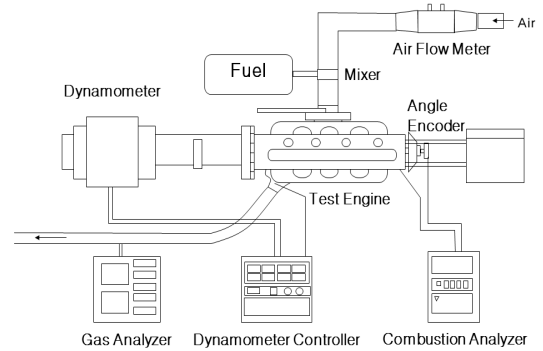
본 연구에서는 가솔린연료, 가솔린과 에탄올 연료, 가솔린과 메탄올을 혼합한 경우에 대한 실험적 연구를 통하여, 성능평가와 배기가스를 평가한다. 이를 토대로 스파크 점화기관의 알콜 혼합연료로서의 가능성을 진단하는데 그 목적이 있다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치 및 실험방법

Table 1은 연구에 사용된 엔진 제원을 나타냈다. 또한 Fig. 1에 실험장치의 대략도를 나타냈다.

본 연구에 사용된 엔진은 4 사이클 단기통 가솔린 기관을 이용하였다. 공랭식 기관으로써, 압축비가 4.5인 소형엔진을 사용하였으며, 연료공급은 메탄올, 에탄올을 혼합하여 사용하므로 연료분사식이 아닌, 기화기(carburetor)를 사용하였다.

**Fig. 1** Experimental setup

기관에 가해지는 부하의 조절과 측정을 위해 DC 동력계를 사용하였으며, 흡기관, 배기관, 엔진오일 등 각 부분의 온도를 측정하기 위해 열전대를 삽입하였다. 지압선도를 얻기 위해서 압력값을 채취하였으며, 압력센서는 스파크플러그 일체형 압력센서를 이용하여 연소해석 장치에 연결하였다. 데이터 측정을 위하여, 크랭크 각은 크랭크 각 엔코더를 이용하여 측정했다.

기관회전수는 1,000 rpm, 1,200 rpm, 1,400 rpm, 1,600 rpm, 1,800 rpm로 단계적으로 수행하였고, 점화시기는 MBT (Minimum spark advance for the Best Torque, 최적의 점화시기)에서 수행하였다.

실험 결과의 정확한 판단을 하기 위해서, 촉매장치는 없는 상태에서 배기가스(CO, HC, NOx)를 측정하였다.

Table 2는 사용연료를 나타낸다. E10은 가솔린 90에 에탄올 10%을 의미한다. E20은 가솔린 80%에 에탄올 20%, E30은 가솔린 70%에 에탄올 30%을 의미한다. 마찬가지로 M10은 가솔린 90%에 메탄올 10%을 의미한다. M20은 가솔린 80%에 메탄올 20%, M30은 가솔린 70%에 메탄올 30%을 의미한다.

특히 저위발열량은 가솔린이 가장 크며, E10이 그 다음, M10, E20, E30, M20, M30의 순서이다.

Fig. 2는 ASTM (American Society for Testing Materials)에 의한 증류실험을 나타낸 곡선이다. 특히

Table 2 Properties of different ethanol and methanol gasoline blended fuels

Property item	Gasoline	E10	E20	E30
	M10	M20	M30	
Low heat value (MJ/kg)	44.13	42.45	40.67	38.67
	41.62	38.23	36.25	
Vapor pressure (kPa)	35.00	59.53	54.61	53.31
	57.43	66.58	68.74	
Research octane number	84.8	88.3	93.4	98.9
	88.2	94.4	98.4	
Density at 15.5°C (kg/l)	0.768	0.776	0.778	0.779
	0.769	0.771	0.773	

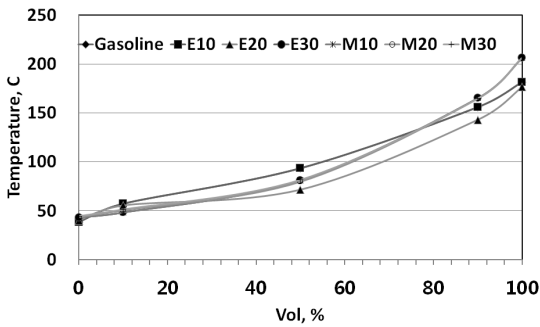


Fig. 2 ASTM distillation curve for fuels used

E20인 경우가 초유점(first drop), 시동성을 나타내는 vol 10%와 vol 50%, vol 90%의 온도가 비교적 낮은 것을 알 수 있다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 기관회전수 변화에 대한 토크를 나타낸 것이다. 토크의 크기의 순서는 Table 2의 저위발열량의 순서와 같은 것을 알 수 있다. 즉, 가솔린의 토크값이 가장 크며, E10, M10, E20, E30, M20, M30의 순서로 토크 값의 크기를 보여주고 있으며, 기관회전수 1,400 rpm 근처에서 가장 큰 토크 값을 나타내고 있다.

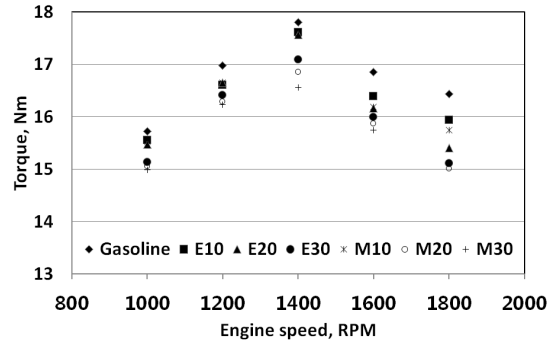


Fig. 3 Torque vs. engine speed

Fig. 4는 평균유효압력 BMEP (brake mean effective pressure)를 나타내고 있다. 이는 Fig. 3의 실험결과와 정성적으로 같은 값을 나타내고 있다.

Fig. 5는 기관회전수 변화에 대한 기관출력을 연료변화에 대해서 나타낸 것 이다. 기관출력은 토크와 기관회전수의 영향을 받기 때문에 기관회전수 증가에 대해서 기관출력은 증가하고 있다.

Fig. 6은 기관회전수 변화에 대한 연료소비율 BSFC (brake specific fuel consumption)을 나타낸 것 이다. 연료소비율은 일반적으로 공급된 연료의 량에 비례하고, 기관출력에 반비례 하고, 토크 곡선에도 반비례하는 경향을 나타낸다. 하지만, 공급된 연료의 량은 혼합연료의 발열량의 차이로 인하여, 토크 특성과 정반대인 M30, M20, E30, E20, M10, E10, 가솔린의 순서가 아니라, M30, E30, M20, E20, M10, E10, 가

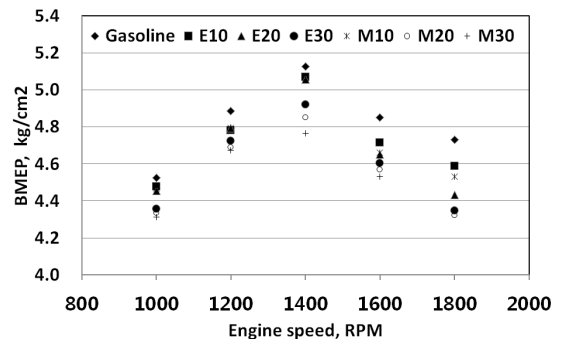


Fig. 4 Brake mean effective pressure vs. engine speed

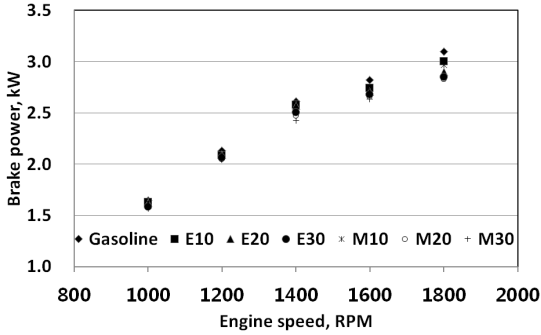


Fig. 5 Brake power vs. engine speed

솔린의 크기로 됨을 알 수 있다. 이는 공급된 연료량을 일정하게 하여도, 저위발열량의 차이로 인하여 생기는 실험결과로 생각되어 진다.

Fig. 7은 기관회전수 변화에 대한 열효율을 연료 조성에 대해서 나타낸 실험 결과이다. 열효율은 제동 연료소비율과 저위발열량의 반비례 관계를 갖는다. 기관회전수 1,400내지 1,600 rpm 근처에서 열효율이 비교적 높은 것으로 보여진다.

Fig. 8~10은 기관회전수 변화에 대한 CO, HC, NOx를 연료 변화에 대해서 나타내고 있다.

CO는 1,400~1,600 rpm 근처에서 비교적 적은 값을 나타내고 있으며, E30이 가장 적은 CO배출량을 나타내고 있고, 그 다음으로 M30, E20, M20, E10, M10, 가솔린 순으로 CO배출량을 나타내고 있다.

HC는 1,600 rpm 근처에서 최소값을 나타내고 있다. 특히 E30이 가장 적은량의 HC를 배출하고 있으며,

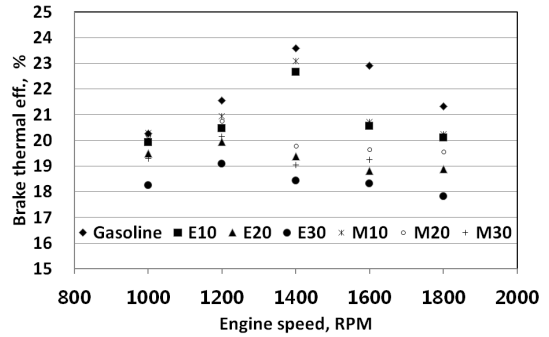


Fig. 7 Brake thermal efficiency vs. engine speed

M30, E20, E10, M20, M10, 가솔린 순이다.

NOx는 HC와 마찬가지로 1,600 rpm 근처에서 최소값을 나타내고 있다. 특히 E30이 가장 적은량의 HC를 배출하고 있으며, M30, E20, E10, M20, M10, 가솔린 순이다.

상기의 결과로부터 토크, 출력 특히 배기가스 특성을 파악하기 위하여 기관 회전수 1,600 rpm 상에서 가솔린에 메탄올 또는 에탄올을 혼합한 경우에 대하여 배기가스의 CO, HC, NOx 배출량을 실험하였다.

Fig. 11은 기관회전수 1,600 rpm에서 CO의 경향을 나타낸 실험 결과이다. 단기통임에도 비교적 큰 값은 촉매장치가 없는 상태에서 실험을 했기 때문이다. 일반적으로 CO의 발생은 산소공급의 부족으로 발생한다. 특히 이론혼합비 보다 농후한 영역은 산소공급이 부족한 영역이므로 연소의 불안정으로 CO발생은 증가 하게 된다. 순수 무연 가솔린인 경우에 비

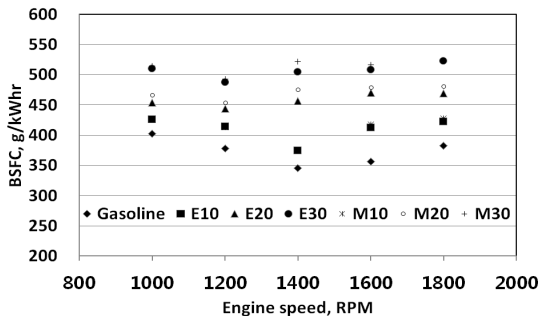


Fig. 6 Brake specific fuel consumption vs. engine speed

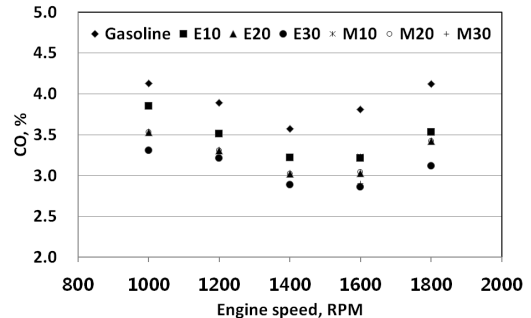


Fig. 8 CO vs. engine speed

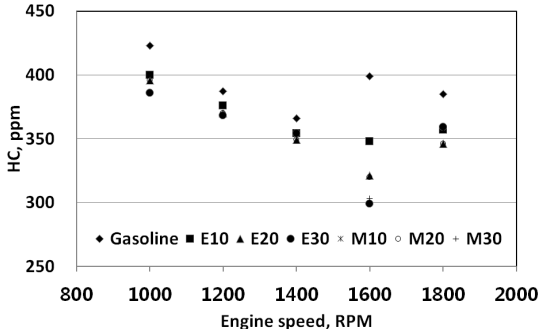


Fig. 9 HC vs. engine speed

해서 에탄올, 메탄올을 첨가한 경우에 CO가 극감하는 것을 알 수 있다.

E10과 M10에 별 차이가 없고, E20과 M20에 별 차이가 없으며, E30과 M30에 별 차이가 없음을 알 수 있다.

Fig. 12는 1,600 rpm에서 HC배출량을 나타낸 실험 결과이다. 통상적으로 불완전 연소에서 발생하는 미연의 HC이다. CO와 마찬가지로, HC 발생에서 E10과 M10에 별 차이가 없고, E20과 M20에 별 차이가 없으며, E30과 M30에 별 차이가 없음을 알 수 있다. 이소옥탄을 기준으로 가솔린은 탄화수소계의 파라핀계로서 HC를 이미 포함하고 있다. 하지만 알콜은 이미 산소를 함유하고 있는 구조로 되어 있어서 가솔린 연료에 비해서 HC 발생이 적은 것으로 생각 되어 진다.

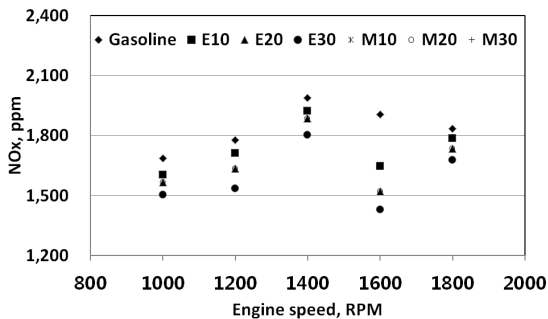


Fig. 10 NOx vs. engine speed

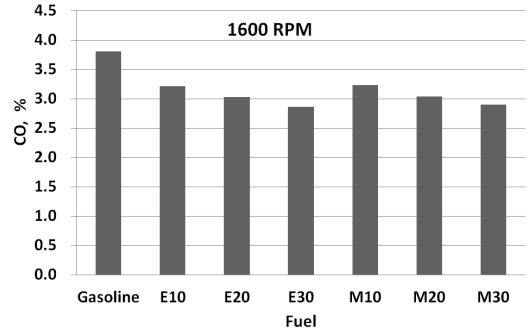


Fig. 11 CO vs. fuels at 1600 rpm

Fig. 13은 1,600 rpm에서 NOx배출량을 나타낸 실험 결과이다.

일반적으로 연소온도가 높으면 NOx 발생이 많으며, 연소온도가 낮으면 NOx의 발생이 적은 것으로 알려져 있다. 알콜 연료는 가솔린에 비해 기화잠열이 작으므로 연소온도를 낮추는 효과가 있다. 그러므로 에탄올이나 메탄올을 가솔린에 혼합을 하게 되면 가솔린에 비해 연소온도가 낮아 지므로 NOx의 저감의 효과가 클 것으로 판단된다. CO, HC와 마찬가지로, NOx 발생은 가솔린에 비해서 에탄올이나 메탄올의 혼합율이 높을수록 NOx의 발생은 적어지고 있다. 하지만, E10과 M10의 차이가 거의 없으며, E20과 M20에서와 E30과 M30와의 각각의 동일한 알콜 혼합에서 알콜 종류 차이는 거의 없는 것으로 나타내고 있다.

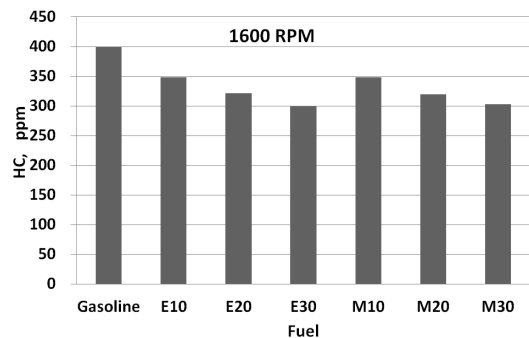


Fig. 12 HC vs. fuels at 1600 rpm

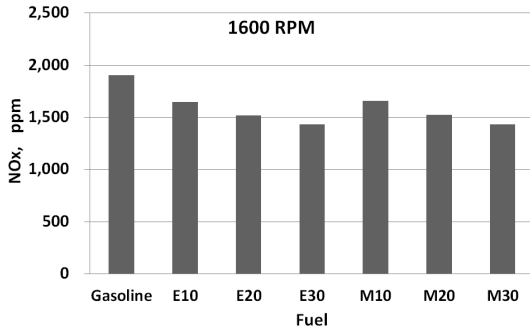


Fig. 13 NOx vs. fuels at 1600 rpm

4. 결 론

기존의 가솔린용 스파크 점화기관에 에탄올, 메탄올 연료를 혼합하여, 각종 성능특성과 배기가스 특성을 비교 분석한 실험 결과는 다음과 같다.

- 1) 기관회전수 변화에 대해서, 토크, 평균유효압력, 기관출력 등은 순수 가솔린이 가장 크며, 약간의 차이는 있지만, 에탄올과 메탄올의 혼합량이 증가하게 되면 토크 및 기관출력은 저감되는 경향을 나타내고 있다. 이는 대체로 E10, M10, E20, E30, M20, M30의 순서를 보여주고 있는데, 원인은 저위발열량의 차이로 야기되는 것으로 판단된다.
- 2) CO, HC, NOx 배출량은 에탄올이나 메탄올의 성분이 증가 될수록 급격히 감소되는 것으로 판단되지만, 특히 1,400~1,600 rpm에서 E10과 M10의 차이가 거의 없으며, E20과 M20에서와 E30과 M30와의 차이는 거의 없는 것으로 나타내고 있다.

References

1. Gravalos, I., Moshou, D., Gialamas, T., Xyradakis, P., Kateris, D. and Tsiropoulos, Z., Performance and emission characteristics of spark ignition engine fuelled with ethanol and methanol gasoline blended fuels, www.intechopen.com, 2011.
2. Yousufuddina, S., Masoodb, M., Effect of ignition timing and compression ratio on the performance of a hydrogen-ethanol fuelled engine, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34, pp. 6945-6950, 2009.
3. Chum, H. L., Overend R. P., Biomass and renewable fuels, *Fuel Processing Technology*, Vol. 71, pp. 187-195, 2001.
4. Celik, M. B., Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 28, pp. 396-404, 2008.
5. Prasad, S., Singh, A., Joshi, H. C., Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues, *Resources Conservation and Recycling*, Vol. 50, pp. 1-39, 2007.
6. Christensen, M. and Johansson, B., Homogeneous charge compression ignition with water injection, SAE Paper No. 1999-01-0182, 1999.
7. Ji, C., Wang, S. and Zhang, B., Performance of a hybrid hydrogen-gasoline engine under various operating conditions, *Applied Energy*, Vol. 97, pp. 584-589, 2012.