

SI엔진의 메탄올 혼합 연료의 연소 및 배출 가스 특성에 관한 연구

조행묵¹⁾ · 이창식²⁾

국립천안공업대학 자동차공학과¹⁾ · 한양대학교 기계공학부²⁾

A Study on Combustion and Emission Characteristics of the Methanol Blended Fuel in SI Engine

Heangmuk Cho^{*1)} · Changsik Lee²⁾

^{*1)}Department of Automotive Engineering, Cheonan Technical College, Cheonan 330-717, Korea

²⁾Department of Mechanical Engineering, Seoul 133-791, Korea

(Received 27 May 2003 / Accepted 23 September 2003)

Abstract : The engine performance and combustion characteristics of methanol blended fuel in a multiple-point electronic control gasoline engine were discussed on the basis of experimental investigation. The effects of methanol blending fuel on combustion in cylinder were investigated under various conditions of engine cycle and blending ratio. The results showed that the engine performance was influenced by the methanol blended ratio. The results showed that the engine performance was influenced by the methanol blending ratio and the variations of operating conditions of test engine. The increase of blended fuel brought on the improvement of emission characteristics such as THC, CO, and NOx concentration. The effect of methanol blended fuel on the fuel consumption rate and the other characteristics of performance were discussed.

Key words : Methanol-blended fuel(메탄올 혼합연료), Combustion characteristics(연소특성), Exhaust gas(배출가스)

1. 서론

자동차 배출가스에 의한 환경오염과 화석연료의 에너지 자원이 유한성에 따른 에너지 자원의 고갈은 자동차를 비롯한 각종 열기관의 성능향상에서 가장 중요한 과제중의 하나이다.

대체연료로서 메탄올 연료는 일반 비교적 부존량이 많으며 제조가 용이하며 연소 특성이 양호한 연료이다.

지금까지 알코올 연료로서 메탄올에 관한 연구는 조국환 등¹⁾의 메탄올 연료의 연소 성능 특성 평가에

관한 연구를 비롯하여 메탄올 자동차의 메탄올 연소에 따른 배출물 중의 포름 알데히드 배출 특성에 관한 연구,²⁾ 메탄올 기관이 흡배기 밸브의 열유속 특성에 관한 연구,³⁾ 알코올 연료의 연소 및 배출물 특성에 관한 연구 등 여러 연구자들에 의하여 연구되어 왔다.⁴⁻⁷⁾

이와 같이 메탄올 연료의 연소 특성은 여러 연구자들에 의하여 많은 연구가 다양하게 진행되고 있으나 연료의 물성과 메탄올 적용에 따른 기관의 출력 향상 및 배출가스 저감에 대하여는 더욱 많은 연구가 요망되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 가솔린 자동차를 대상으로 가솔린과 메탄올을 사용한 혼합연료를 사

*To whom correspondence should be addressed.
hmcho@cntc.ac.kr

용하여 기관의 성능 및 연소특성을 실험적으로 구하고, 환경오염의 원인이 되고 있는 배출가스 중의 탄화수소(THC), 일산화탄소(CO), 질소산화물(NO_x) 및 아세트알데히드의 배출 특성을 규명하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 기관

실험 기관은 4행정 사이클, 4실린더 기관으로 실험하였으며, 기관의 주요 제원은 실린더 지름 90.8mm, 행정 76.9mm, 행정용적 1990.8cc, 압축비 8.7인 가솔린 기관을 사용하였다.

Table 1에 엔진의 주요 제원을 표시하였다.

Table 1 Specifications of test engine

Engine type		4 stroke cycle gasoline water cooled engine
Number of cylinder		4
Displacement volume(cc)		1990.8
Bore×Stroke(mm)		90.8×76.9
Compression ratio		8.7
Intake valve	I.O	BTDC 19°
	I.C	ABDC 57°
Exhaust valve	E.O	BBDC 57°
	E.C	ATDC 19°

2.2 실험 방법

기관의 성능 및 연소 특성을 측정하기 위한 실험 장치는 Fig. 1과 같이 실험 기관, 동력계, 압력변환기, A/D변환기, 크랭크각 검출기, PC 등으로 구성하였다.

사용 연료로는 가솔린에 메탄올을 체적비로 15%, 30%로 혼합하여 가솔린과 메탄올 혼합연료의 연소 및 배출물 특성을 분석하였다. 기관의 회전 속도는 3000rpm로 일정하게 하고 토크를 56 N·m로부터 110 N·m까지 각 단계별로 변화시켰으며, 이 때 냉각수 온도는 정상 온도로 일정하게 유지하면서 실험하였다.

실린더 내의 연소 압력은 압력변환기(Kistler 6125A)와 차지 앰플리파이어, 크랭크각 검출 시스템을 사용하여 측정하였으며, 측정된 데이터는 데

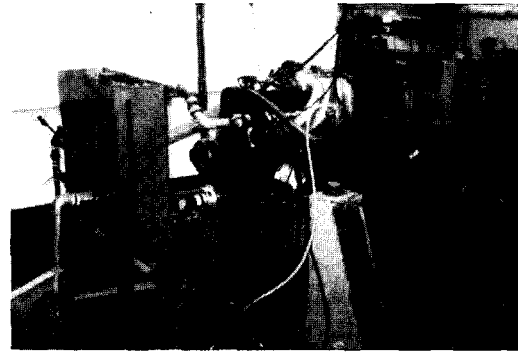
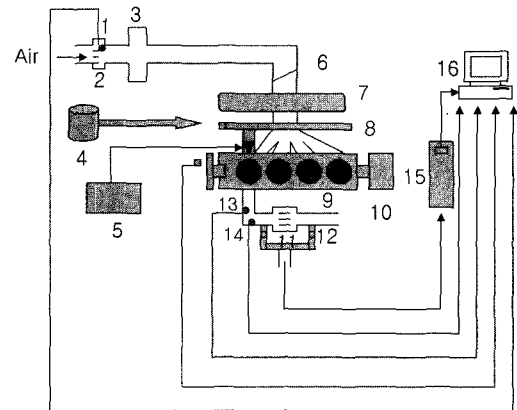


Photo. 1 Photograph of experimental engine



1. AFS, 2. Air chamber, 3. Air cleaner, 4. Fuel tank, 5. ECU, 6. Throttle valve, 7. Surge tank, 8. Delivery pipe, 9. Engine body, 10. Dynamometer controller, 11. Catalyst converter, 12. Gas trans valve, 13. O₂ sensor, 14. Thermocouple, 15. Gas analyzer, 16. PC

Fig. 1 The schematic diagram of experimental apparatus

이터 처리 시스템에서 얻은 압력으로부터 실린더 내의 연소특성을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 기관의 실린더 압력

Fig. 2는 기관의 회전 속도를 3000rpm, 부하를 56 N·m인 상태에서 메탄올 혼합 연료와 가솔린을 연료로 운전하였을 때의 실린더 내 압력을 비교한 것이다. 이 선도에서 나타난 바와 같이 가솔린과 메탄올을 15%와 30%로 혼합하여 비교한 결과 메탄올의 함유량 30%의 경우가 최고 압력이 가장 높게 나타났다.

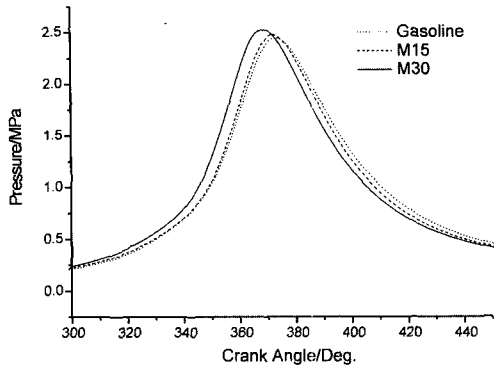


Fig. 2 Effect of blended fuel on cylinder pressure at 3000rpm and 56 N·m

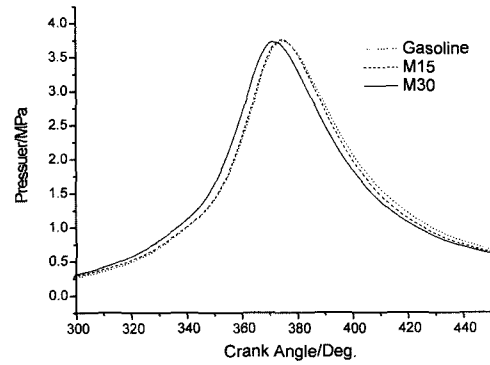


Fig. 4 Effect of blended fuel on cylinder pressure at 3000rpm and 110 N·m

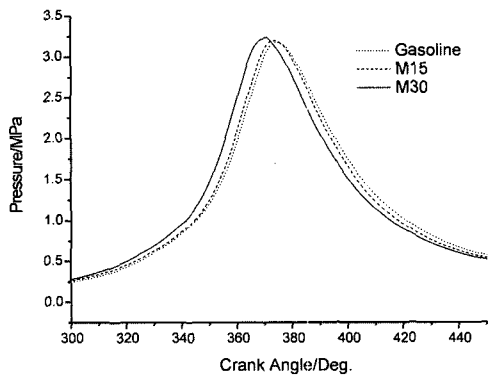


Fig. 3 Effect of blended fuel on cylinder pressure at 3000rpm and 85 N·m

그 이유는 메탄올은 가솔린에 비하여 옥탄가가 높고, 연소속도가 빠르며 희박한계가 넓기 때문에 연료소비율의 개선수단으로 고압축비 희박연소에 의한 열효율을 향상시킬 수 있다.

Fig. 3은 기관의 회전 속도 및 부하를 3000rpm, 85 N·m로 하였을 때의 선도를 나타낸 것으로 메탄올 함유량이 30%의 경우가 가솔린 연료보다 최고 압력이 증가함을 알 수 있다.

그 이유는 메탄올의 증발잠열이 가솔린보다 크기 때문에 증발에 의한 흡기의 온도강하가 크게 발생하므로 흡입혼합기의 밀도가 증가되기 때문에 메탄올의 경우에는 최적의 점화시기가 가솔린보다 지연되므로 상사점을 중심으로 연소되는 비율이 증가되기 때문으로 분석된다.

그러나 가솔린 연료와 메탄올 15%와 비교할 때 현저한 차이가 없음을 알 수 있었다.

Fig. 4는 기관의 회전 속도 3000rpm에서 부하를 110 N·m로 증가시켰을 때의 P-θ선도이다. 기관의 최고 압력을 가솔린의 경우와 비교한 결과 가솔린 연료의 경우에 비하여 별 차이가 없음을 알 수 있다. 이러한 현상은 부하가 크고, 메탄올 연료의 혼합비 증가함에 따른 메탄올 발열량이 상대적으로 낮기 때문인 것으로 생각된다.

그러나 메탄올 연료의 특성상 연소 속도가 가솔린에 비하여 옥탄가가 높고, 연소속도가 빠르며 희박한계가 넓은 특징을 갖고 있다.

3.2 배출가스의 농도

메탄올 연료를 자동차에 도입하는 목적은 배기가스 중의 질소산화물 및 일산화탄소 배출농도를 줄일 수 있고 메탄올 기관으로부터 배출되는 탄화수소는 대부분 미연 메탄올이며 가솔린과 비교하여 광화학 반응성이 낮다. 그러나 메탄올 기관으로부터 배출되는 아세트알데히드는 인체에 유해한 단점을 가지고 있다.

Fig. 5는 가솔린과 메탄올 혼합 연료를 사용한 경우의 배출물 중의 일산화탄소, 탄화수소 및 질소산화물의 배출 농도를 비교한 것이다.

이 선도에서 볼 수 있는 바와 같이 일산화탄소 배출물은 0.6MPa 이하에서 가솔린 연료와 거의 비슷하게 나타나지만, 그 이상에서는 메탄올 혼합 연료의 경우가 일산화탄소 배출물이 현저하게 감소함을 알 수 있다.

메탄올 혼합 연료의 경우 배출물 농도를 살펴보

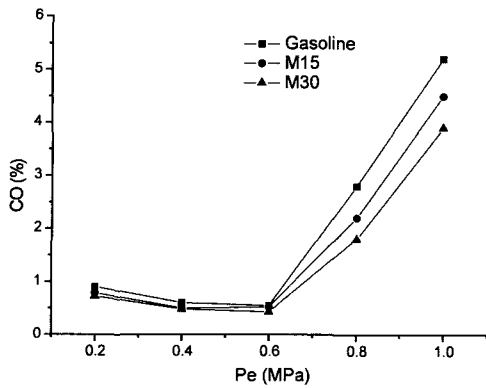


Fig. 5 Effect of methanol blended fuel on CO emission at 3000 rpm

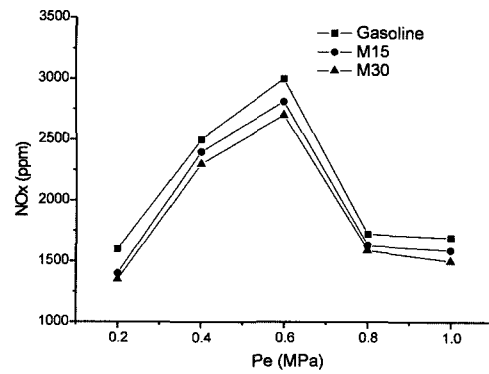


Fig. 7 Effect of methanol blended fuel on NOx at 3000 rpm

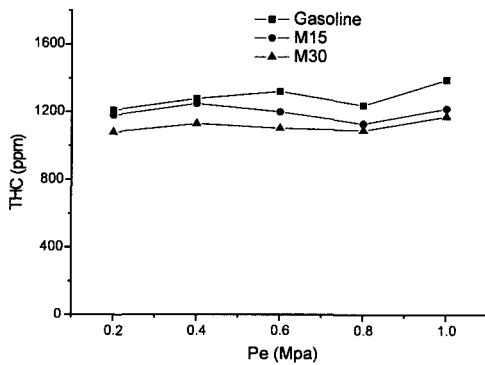


Fig. 6 Effect of methanol blended fuel on THC at 3000 rpm

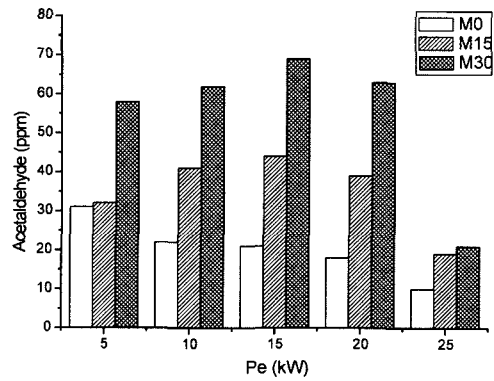


Fig. 8 Effect of methanol blended fuel on acetaldehyde at 3000rpm

면 탄화수소는 가솔린 연료에 비하여 메탄올을 혼합한 연료의 경우가 배출량이 감소하며, 메탄올 함유량이 15%혼합한 경우보다 메탄올을 30% 혼합한 때가 일산화탄소의 배출량이 현저히 감소함을 알 수 있었다.

Fig. 6은 엔진의 회전 속도가 3000rpm에서의 탄화수소 배출 농도를 나타낸 것이다. 이 선도에서 보는 바와 같이 탄화수소 배출 농도는 가솔린의 경우보다 메탄올 함유량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

Fig. 7은 3000rpm에서의 질소산화물(NOx)의 유해 배출물 농도를 나타낸 것으로 가솔린의 경우보다 메탄올 혼합 연료가 다소 유해 배출물 중의 NOx 농도가 감소함을 알 수 있다.

Fig. 8은 3000rpm에서의 아세트알데히드 배출물 농도를 3가지 경우에 대하여 비교한 것이다.

이 선도에서 볼 수 있는 바와 같이 저부하에서는 M10일 경우 가솔린과 비교하여 비슷한 값을 나타내었지만 부하가 증가할수록 증가하는 현상을 볼 수 있다. M30인 경우 평균적으로 순수 가솔린에 비하여 아세트알데히드의 값이 현저하게 감소함을 알 수 있다.

3.3 연료소비율

Fig. 9은 메탄올 혼합연료의 BSFC(Brake specific fuel consumption)를 나타낸 것이다. 메탄올 혼합 연료를 사용한 경우 BSFC는 순수 가솔린 연료를 사용하였을 때보다 높게 나타나고 있는데 그 이유는 단위 질량당 발열량이 낮기 때문이다.

한편, 기관의 BSFC는 메탄올 혼합량이 증가함에 따라 서서히 증가하는 경향을 나타내었다.

그 이유는 공연비가 가솔린보다 높기 때문으로

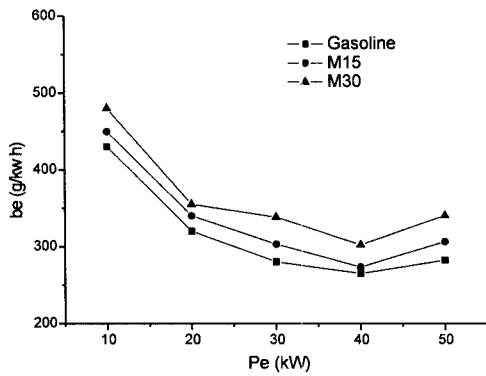


Fig. 9 Effect of methanol blended fuel on the fuel consumption rate at 3000rpm

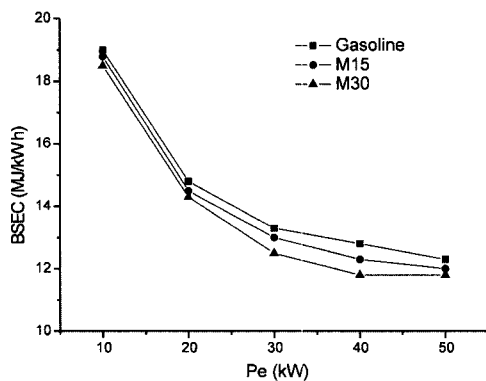


Fig. 10 Effect of methanol blended fuel on the brake specific energy consumption 3000rpm

분석된다.

Fig. 10은 메탄올 혼합 연료의 BFEC (Brake specific energy consumption)를 나타낸 것으로 엔진 회전 속도 3000rpm에서 메탄올 혼합율이 30% 때의 BSEC 값이 순수 가솔린보다 약6-8% 정도 감소함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구 결과는 기관의 구조를 변경하지 않은 상태에서 메탄올 혼합 연료를 적용한 경우의 기관 성능 및 연소 특성, 배출물 중의 탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물 및 아세트알데히드 농도 특성을 실험한 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 메탄올 혼합 연료를 적용한 결과 가솔린연료에 비하여 고부하인 경우를 제외하고 기관의 연소

압력이 높아져 기관의 성능이 개선되었다.

- 2) 메탄올 혼합 연료를 사용한 경우 배출가스 중의 일산화탄소, 탄화수소, 및 질소산화물 배출 농도를 가솔린의 경우와 비교한 결과 메탄올 혼합 연료의 경우가 일산화탄소, 탄화수소 및 질소산화물의 배출량이 현저하게 저하하는 경향을 나타내었다.
- 3) 탄화수소, 일산화탄소 및 질소산화물의 배출량은 메탄올 혼입량이 30%인 경우 가장 효과적이었다.
- 4) 연료의 BSFC는 가솔린에 비하여 높게 나타났으나, BFEC는 가솔린에 비하여 감소하는 경향을 나타내었다.
- 5) 아세트알데히드 농도는 가솔린에 비하여 60%이상 상승하였음을 알 수 있는데, 장차 이 문제는 차후 해결하여야 할 문제로 사료된다.

References

- 1) K. H. Cho, M. H. Kim, S. Y. Lee, "Basic Performance Evaluation of Methanol Engine," KSAE Spring Conference Proceeding, pp.162-168, 1992.
- 2) H. Kachi, K. Akiyama, Revie, "Development of Practical Simultaneous Analysis of Methanol and Formaldehyde from Methanol Fueled," JSAE Review, Vol.22, No.1, pp.77-81, 1991.
- 3) M. H. Kim, Y. K. Lim, J. T. Lee, "Thermal Velocity Characteristics of Inlet and Exhaust Valve in Methanol Engine," Transactions of KSAE, Vol.4, No.1, pp.208-208, 1996.
- 4) M. Iwakiri, K. Yashimoto, "Development of Mitsubishi Flexible Fuel Vehicle," SAE 910861, 1991.
- 5) J. Patrick, et, M. James, "Investigation on the Viability of 1,3-dioxolane as an Alternative to MTBE in Reformulated Gasoline," SAE 2001-01-3683, 2001.
- 6) S. G. Poulos, D. P. Samaras, C. J. Philippopoulos, "Regulated and Unregulated Emissions from an Internal Combustion Engine Operating on Ethanol-Containing," Atmospheric Environment, pp.4399-4406, 2001.

- 7) F. Nadim, P. Zack, G. E. Hoan, J. Kart, United States Experience with Gasoline Additives, Energy Policy, Vol.29, pp.1-5, 2001.
- 8) Y. J. Ana, D. H. Kampbell, G. W. Sewell, Waer Quality at. ve Marinas in Sake Texoma as Related to Methyl Tert-butyl Ether (MTBE), Environmental Pollution, Vol.118, pp.331-336, 2002.