

자동차 대체연료로서의 Indolene-MPHA의 적용에 관한 연구(II) - Indolene-MPHA가 엔진성능에 미치는 영향 -

이민호* · 오을권** · 차경옥***

*명지대학원 기계공학과, **조선대학교 기계공학부, ***명지대학교 기계공학과

E-mail : lice92@hotmail.com, YGOH@mail.chosun.ac.kr, chako@mju.ac.kr

A Study on the Application of Indolene -MPHA for Automotive Alternative Fuel (II) -

Min-Ho Lee*, Yool-Kwon Oh** and Kyung-Ok Cha***

*Department of Mechanical Engineering, Myongji Graduate School

**Department of Mechanical Engineering, Chosun University

***Department of Mechanical Engineering, Myongji University

요 약

본 논문에서는 Indolene-MPHA(Methanol Plus High Alcohols)가 엔진성능에 미치는 영향에 관한 연구가 이루어졌다. 본 연구에서는 연료의 성능 인자를 측정하였다. 특히 연료의 성능 인자들인 MBT 점화 시기, 출력, 열효율 등이 측정되었다. 여기에서 알콜 농도는 청정 Indolene의 체적에 따라서 0~100%까지 변화시켰다. 연료의 성능 인자들은 서로 다른 압축비에서 단기통 스파크점화 엔진을 사용하여 측정하였다. 성능 측정결과에 따르면 Indolene-MPHA 혼합물이 Indolene-Methanol 혼합물보다 빠른 MBT 점화 시기와 유사한 출력 그리고 낮은 열효율을 나타내고 있음을 알 수 있다.

Abstract — A study of the performance effect of Indolene-Methanol Plus High Alcohols (MPHA) has been completed. The study invested the measurement of performance parameters. The performance parameters measured are minimum advance for best torque (MBT) spark timing, power output and thermal efficiency. The alcohol concentration was varied from 0 to 100 percent by volume in clear Indolene. The performance parameters were measured using a single cylinder spark ignition engine at different compression ratios. The results of the performance measurements indicated that Indolene-MPHA blends have a higher MBT spark advance, similar power output and lower thermal efficiencies than Indolene-Methanol blends.

1. 서 론

최근 전세계적으로 에너지 자원의 고갈과 지구 온난화 등의 환경문제로 인하여 배기 배출물 및 연료자체에 관한 규제가 더 엄격해지고 강화되고 있는 추세이다. 이러한 이유로 인하여 대부분의 국가들은 메탄올, 천연가스, 전기, 수소 등을 사용하는 대체연료 자동차의 개발에 박차를 가하고 있다. 이 중에서 메탄올은 가솔린 및 가스터빈 연료와 마찬가지로 완전 연소가 가능하고, 가솔린과 비슷한 연료특성을 가지고 있어서 기존엔진의 과도한 개조를 요구하지 않으므로 산업용 연료로써 관심

이 크게 높아지고 있다¹⁾⁴⁾.

오늘날 메탄올은 여러 가지 부산물을 비롯하여 대도시 생활 및 환경 쓰레기들로부터 생산이 될 수 있다⁵⁾⁷⁾. 또한, 화학적 합성으로서도 생산이 될 수 있다. 이렇게 생산된 메탄올은 순수한 메탄올이 아니고, 오히려 메탄올과 고농도 알콜의 혼합물 특성을 가지고 있다.

저농도 메탄올의 생산과정에서 얻어지고 있는 메탄올은 전통적인 증류방법에 의해서만 이루어지고 있는데, 이와는 다르게 알콜 성분들은 증류탑의 가장 아래에서 추출되는 고농도 알콜이다⁸⁾.

Indolene-Methanol 혼합물과 Indolene-MPHA 혼합물

Table 1. Fuel inspection data.

Property	Indolene	Methanol	Ethanol	M-Propanol	Isobutanol
Formula		CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₃ H ₇ OH	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ OH
Specific gravity (15.6°C/15.6°C)	0.75	0.793	0.8111	0.8045	0.8030
Boiling temp (°C)	27~220	64	77	97	108
Flash Point (°C)	-7	12	20	27	35
Autoignition temp (°C)	257	---	---	---	---
Vapor pressure at 20°C (kg/cm ²)	---	97.68	48.1	14.9	8
MMHG Flamability limits (%)	upper	7.6	36	---	13.7
	lower	1.3	6.0	3.3	2.1
Vapor density (air=1 condition)	3	1.1	1.3	2.1	2.5

의 서로 다른 성분들 때문에 성능 인자들은 여러가지 작업조건들에 의하여 실험을 할 필요가 있고, Table 1에서 보는 것과 같은 검증된 연료에 대한 데이터가 필요하게 된다⁹⁾. 또한 메탄올과 MPHA의 가장 중요한 물성치 중 하나는 고압축비에서 옥탄값이 높고, 스파크 점화 엔진의 열효율 증가를 얻어야 한다는 것이다.

본 연구의 목적은 Indolene-MPHA 혼합연료와 Indolene-Methanol 혼합연료의 성능 인자들을 조사하는 것이다. 먼저, 성능 인자인 MBT 점화 시기, 제동출력, 제동연료 소비율과 제동 열효율 등에 대하여 어떠한 영향을 주는 지 조사를 하고자 하였으며, MPHA와 메탄올 혼합비율은 Indolene의 체적에 대해 0~100% 까지 변화시켰으며, 성능 인자들의 다양한 압축비에 따른 경향도 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2-1. 실험장치

성능 측정에 사용된 엔진은 다양한 압축비에서 실험이 가능한 단기통 CFR 스파크점화 엔진이다. 이 엔진은 Eddy-current type의 동력계에 연결하여 실험을 수행하였으며, Fig. 1에 실험에 사용된 동력계 및 측정장비를 나타내었다.

공기흡입시스템은 공기 보조탱크, 공기필터, Laminar flow-meter, 공기가열기로 구성되어 있다. 흡입공기의 온도는 일정하게 20±1°C 로 유지시키며, 연료시스템은 연료펌프, 연료콘트롤러, 연료필터, 연료분사펌프로 구성하였다.

연료는 흡기밸브로부터 약 152.4 mm 정도 떨어진 흡기 매니폴드를 통하여 6.9 bar로 분사되어지며, 청정 Indolene 과 산업용 알코올을 엔진에 사용하였다.

2-2. 실험방법

실험조건은 Table 2와 같다. 이 실험은 Indolene을 압

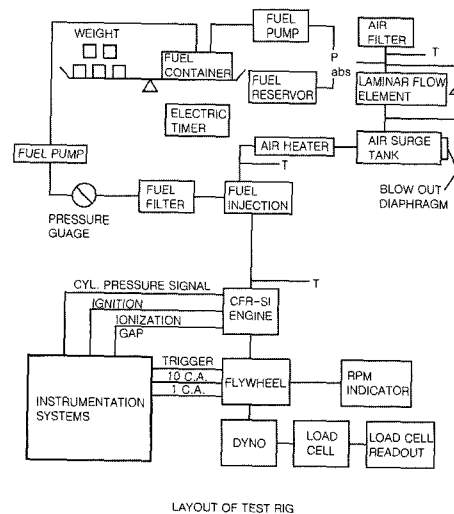
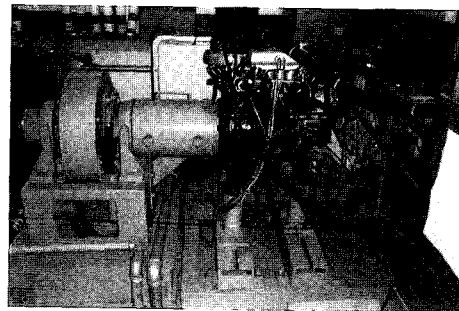


Fig. 1. Layout of test rig.

축비 5에서 노킹 한계 압축비(KLCR : Knocking limit compression ratio)까지 변화시켜 각각의 압축비로부터 1000 rpm 에서 MBT 점화 시기 측정을 하였다. 이와 같은 방법으로 연료량, 공기량, 배기온도, 토크, 엔진오일 온도 등도 측정하였다. 그리고 나서 메탄올 농도를 30%,

Table 2. Experimental test matrix.

Compression Ratio (CR)	5 : 1
	6 : 1
	7 : 1
Indolene-Alcohol Blend	KLCR (Knocking limit compression ratio)
	Indolene+30% Methanol
	Indolene+50% Methanol
	Indolene+70% Methanol
	100% Methanol
	Indolene+30% MPHA
	Indolene+50% MPHA
	Indolene+70% MPHA
	100% MPHA

Table 3. A summary of general operating condition.

Spark timing	MBT
Intake air temperature	20±1°C
Equivalence ratio (λ)	1±0.02
Engine speed	1000 rpm
Intake air pressure	W. O. T

50%, 70%, 100%로 증가시키고, 각각의 혼합물에 대하여 압축비에 따른 MBT 점화 시기를 측정하였다. 마찬가지로 Indolene-MPHA 혼합물에 대해서도 반복 실험을 하였다. 그 후에 제동 출력, 제동 연료 소비율, 제동 열효율 같은 성능 인자들을 계산하였다. Table 3은 실험에 사용된 엔진의 운전 조건을 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. MBT 점화 시기에 관한 알콜 효과

Fig. 2~Fig. 5는 다양한 압축비에서 MBT 점화시기에 대한 메탄올과 MPHA 혼합비율의 효과를 나타내고 있다. 어느 고정 압축비에서 알콜 혼합비율이 증가하면 MBT 점화 시기는 늦어지는 부분도 있고 상사점을 향하여 움직이는 결과도 가져온다. 이것은 청정 Indolene에 비해 Indolene-Alcohol 혼합물의 빠른 점화속도를 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한, 각각의 압축비에서 Indolene-MPHA 혼합물의 MBT 점화 시기는 Indolene-Methanol 혼합물보다 빠르다. 따라서 MBT 점화 시기는 엔진운전 조건 중 하나인 온도, 압력, 연소속도와 같은 열역학적 성질에 의하여 조정이 가능함을 알 수 있다. 이것은 같

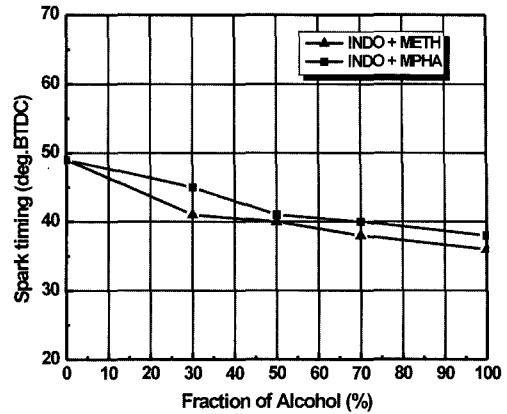


Fig. 2. MBT spark timing at CR=5:1.

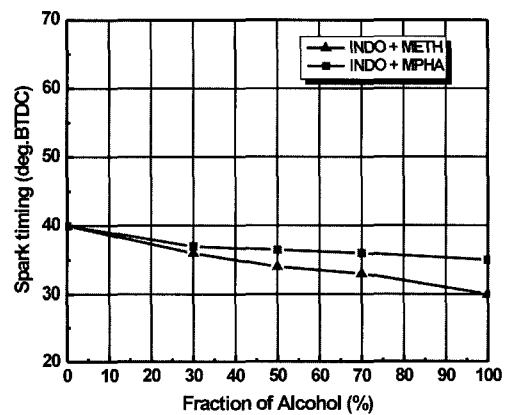


Fig. 3. MBT spark timing at CR=6:1.

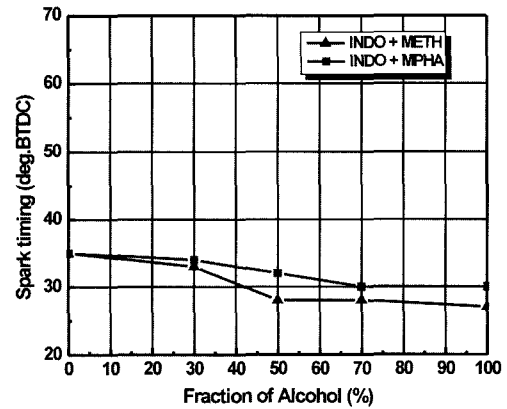


Fig. 4. MBT spark timing at CR=7:1.

은 흡입공기 온도에서 압축과정 동안 혼합연료의 온도는 연료의 잠열과 관계가 있고, MPHA는 메탄올보다 낮

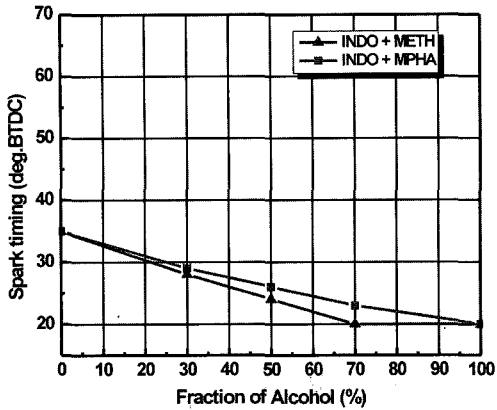


Fig. 5. MBT spark timing at CR=KLCR.

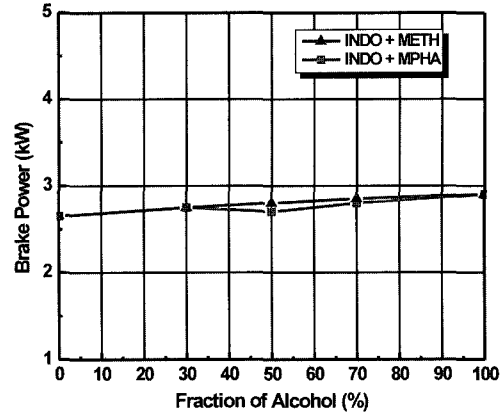


Fig. 6. Brake power at CR=5:1.

은 잠열과 낮은 연소속도를 갖는다^[10]. 점화시기의 비교는 Indolene-MPHA 혼합물이 보다 빠른 점화 시기를 가지게 됨을 알 수 있다.

3-2. 노킹 한계 압축비(KLCR)에 대한 알콜 효과

Table 4는 혼합물에서 MPHA 혼합비율과 메탄올 혼합비율에 따른 노킹 한계 압축비를 나타내고 있다. 메탄올 혼합비율을 0~40%까지 증가시킬 경우 노킹 한계 압축비는 7:1에서 10:1까지 증가한다. 그러나 메탄올 혼합비율을 증가시키더라도 노킹 한계 압축비는 더 이상 크게 증가하지는 않게 된다. 그러므로, MPHA 혼합비율과 같이 노킹 한계 압축비의 변화는 메탄올과 유사하다. 특히 30%의 혼합비율을 가지는 Indolene-MPHA의 노킹 한계 압축비는 Indolene-Methanol의 노킹 한계 압축비보다 높다. 따라서 Indolene-MPHA와 같은 노킹 한계 압축비의 크기는 얻을 수 없고, 또한 혼합물에서 얻을 수 있는 최대 노킹 한계 압축비는 10:1 정도이다. 여기에서 압축비가 가솔린 연료보다 낮은 이유는 자연발화 온도가 가솔린 연료보다 높기 때문이다.

Table 4. Knock limited compression ratio.

Indolene-alcohol blend	Knock limited compression ratio
Indolene+30% Methanol	8.5
Indolene+50% Methanol	10
Indolene+70% Methanol	10
100% Methanol	10
Indolene+30% MPHA	8.87
Indolene+50% MPHA	10
Indolene+70% MPHA	-
100% MPHA	-

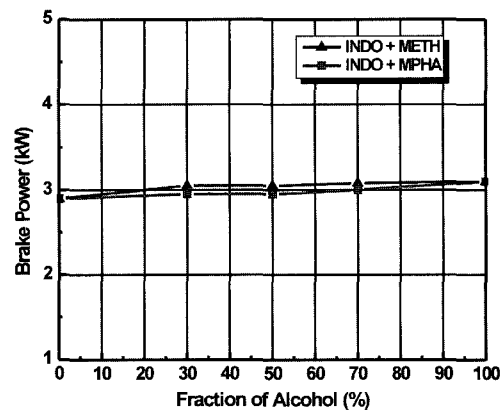


Fig. 7. Brake power at CR=6:1.

3-3. 제동력에 관한 알콜 효과

Fig. 6에서 Fig. 9는 알콜 혼합비율에 의하여 제동출

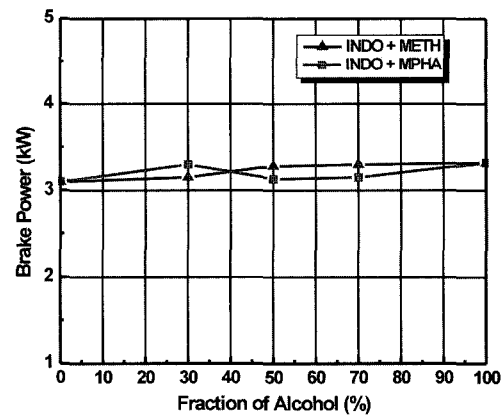


Fig. 8. Brake power at CR=7:1.

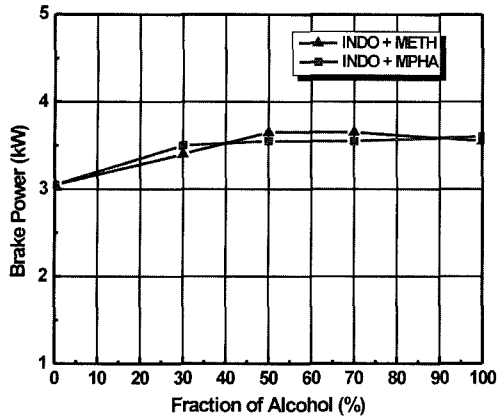


Fig. 9. Brake power at CR=KLCR.

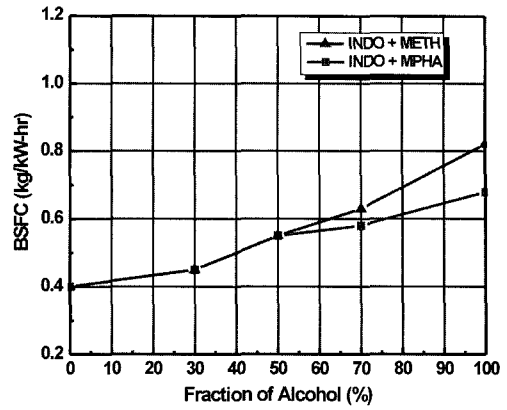


Fig. 11. Fuel consumption at CR=6:1.

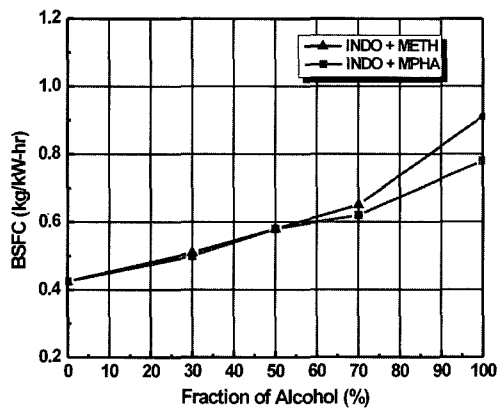


Fig. 10. Fuel consumption at CR=5:1.

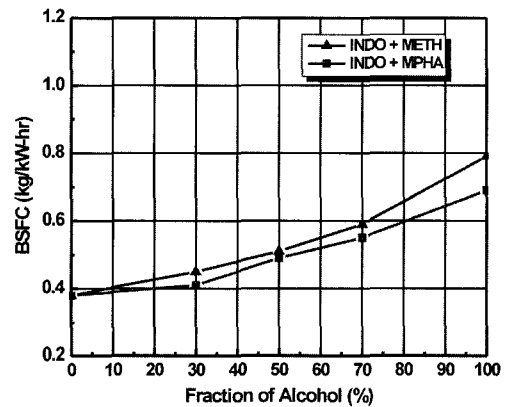


Fig. 12. Fuel consumption at CR=7:1.

력을 나타낸 것이다. 일반적으로 알콜 혼합비율이 증가할 경우에 제동출력도 증가하며, 또한 각각의 압축비 및 알콜 혼합비율에서의 제동출력은 Indolene-MPHA 혼합물과 같은 경향을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

3-4. 제동 연료 소비율(BSFC)에 관한 알콜 효과

Fig. 10~Fig. 13은 알콜 혼합비율의 역할에 따른 제동 연료 소비율을 나타내고 있다. 일반적으로 알콜의 혼합비율이 증가할 경우 제동 연료 소비율도 증가한다. 또한 각각의 압축비에서 Indolene-Methanol 혼합물을 70% 수준으로 혼합한 후 Indolene-MPHA 혼합물과 비교하여 보면 많은 제동 연료 소비율을 가지며, 제동 연료 소비율이 질량에 기준을 둔다는 것을 알 수 있다. 메탄올은 낮은 발열량 때문에 제동 연료 소비율에 있어서 MPHA와 비교할 때 분명한 단점을 가지고 있음을 알 수 있다.

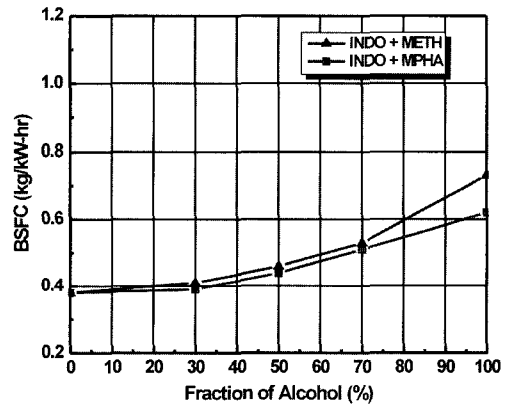


Fig. 13. Fuel consumption at CR=KLCR.

3-5. 제동 열효율에 관한 알콜 효과

Fig. 14~Fig. 17은 알콜 혼합비율에 따른 제동 열효

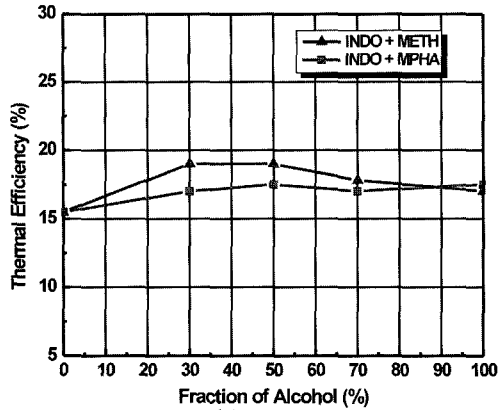


Fig. 14. Thermal efficiency at CR=5 : 1.

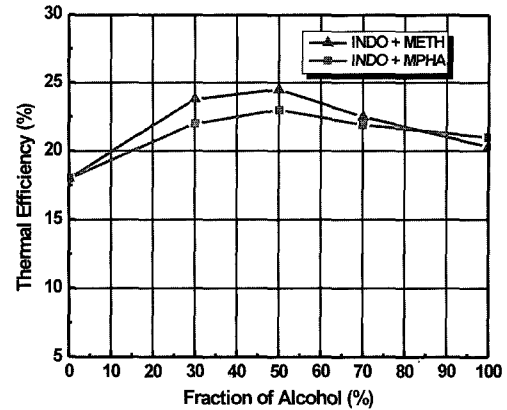


Fig. 17. Thermal efficiency at CR=KLCR.

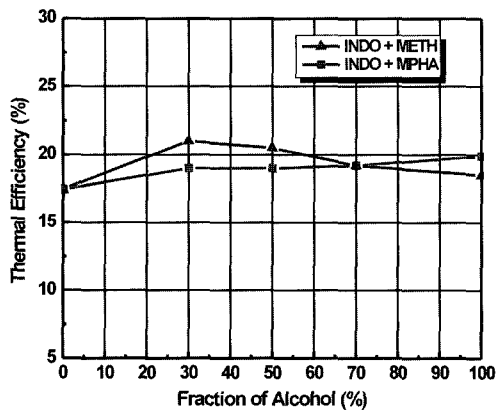


Fig. 15. Thermal efficiency at CR=6 : 1.

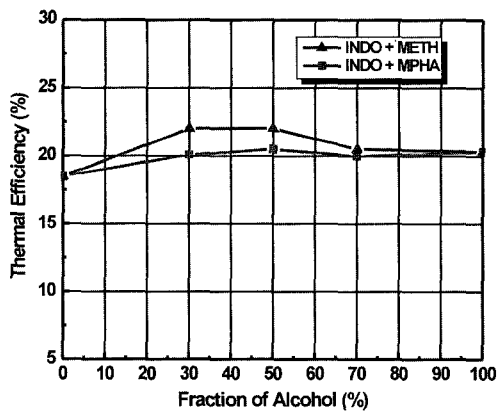


Fig. 16. Thermal efficiency at CR=7 : 1.

음을 나타낸 것이다. 일반적으로 Indolene-Methanol 혼합물이 Indolene-MPHA 혼합물보다 열효율이 높음을 확

인할 수 있다. 제동 열효율은 연소시기, 냉각손실, 화학적 평형손실, 비열손실의 변화와 증발잠열에 의존하고 있기 때문에 전체 사이클의 열역학적 해석을 통하여 열효율에 관한 Indolene-MPHA 효과를 설명할 필요가 있다.

4. 결 론

스파크 점화 엔진에서 Indolene-MPHA 혼합연료와 Indolene-Methanol 혼합연료의 혼합비율에 따른 성능을 규명하기 위하여 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) MBT 점화 시기는 Indolene에 Methanol 및 MPHA의 혼합비율이 증가함으로써 감소한다. 또한 Indolene-Methanol 혼합물은 Indolene-MPHA 혼합물과 비교할 경우 늦은 MBT 점화 시기를 가져온다. 이것은 MPHA가 Methanol 보다 낮은 잠열과 낮은 연소속도 때문이다. 그러므로 MBT 점화 시기는 연료의 잠열과 연소속도에 관계가 있음을 알 수 있다.

2) Indolene에 Methanol이나 MPHA를 첨가함으로써 노킹한계 압축비가 7:1에서 10:1까지 증가함을 확인할 수 있다. 그러나, 혼합물의 혼합비율을 증가시켜도 노킹한계 압축비는 10:1을 벗어나지 못함을 알 수 있다.

3) Indolene-Alcohol에 Methanol 및 MPHA 혼합비율이 증가함에 따라서, 제동출력, 제동연료 소비율, 제동 열효율 등이 증가함을 알 수 있다. 그러나 Indolene-MPHA 혼합물은 Indolene-Methanol 혼합물과 비교했을 때 같은 제동출력을 가지고 있는 반면에 낮은 제동연료 소비율과 낮은 제동 열효율을 가지고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. Reed, T.B. and Lerner, R.M.: "Methanol : A ver-

- satile fuel for immediate use", *Science*, 182, No. 4119 (1977).
2. Bernhardt, W.: "Future fuels and mixture preparation methods for spark ignition engine", *prog. energy comb. Sci.*, 3, pp. 139-150 (1977).
 3. Kirwan, J.E. and Brinkman, N.D.: "Fuel methanol composition effects on cold starting", SAE Paper No. 912416 (1991).
 4. Jonathan, T. and Kenneth, K.K.: "Methanol Supply Issues for Alternative Fuels Demonstration Programs", SAE Paper No. 952771.
 5. Heywood, J.B.: "Automotive engines and fuels: A review of future options", *prog. energy comb., Sci.*, 7, pp 155-184 (1981).
 6. Thring, R.H.: "Alternative fuels for spark ignition engines", SAE Paper No. 831685.
 7. Battista, V., Gardiner, D.P. and Bardon, M.F.: "Review of the Cold Starting Performance of Methanol and High Methanol Blends in Spark Ignition Engines : Neat Methanol", SAE Paper No. 902154.
 8. Justin, F., Frank, L. and Bryan, W.: "Hydrogen for Cold Starting and Catalyst Heating in a Methanol Vehicle", SAE Paper No. 951956.
 9. Chemical and process technology encyclopedia, Douglas, M. considine, editor-in-chief, McGraw-Hill Book Company (1990).
 10. Patel, K.S.: "The fuel properties and performance of indolene-MPHA blends in a CFR spark ignition engine", progress report submitted to the Illinois department of energy and Natural Resources, January (1987).