

## 직접분사식 압축착화엔진에서 Diesel-DME 혼합연료의 연소 및 배기특성에 관한 연구

정재훈<sup>1</sup> · 임옥택<sup>2†</sup> · 전종업<sup>2</sup> · 이상욱<sup>2</sup> · 표영덕<sup>3</sup> · 이영재<sup>3</sup> · 서호철<sup>4</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 기계자동차공학과대학원, <sup>2</sup>울산대학교 기계자동차공학부, <sup>3</sup>한국에너지기술연구원, <sup>4</sup>세종공업(주) 기술연구소

### A Study on Combustion and Emission Characteristics of Diesel-DME Blended Fuels in D.I Compression-Ignition Engine

JAEHOON JEONG<sup>1</sup>, OCKTAECK LIM<sup>2†</sup>, JONGUP JEON<sup>2</sup>, SANGWOOK LEE<sup>2</sup>,  
YOUNGDUCK PYO<sup>3</sup>, YOUNGJAE LEE<sup>3</sup>, HOCHEOL SUH<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Grad. of Mechanical and Automotive Engineering, Ulsan Uni., Mugeo-dong, Nam-gu, Ulsan 680-749, Korea

<sup>2</sup>Department of Mechanical and Automotive Engineering, Ulsan Uni., Mugeo-dong, Nam-gu, Ulsan 680-749, Korea

<sup>3</sup>Efficiency Department, Korea Institute of Energy Research, 102 Gajeong-ro, Yusong-gu, Daejeon 305-343, Korea

<sup>4</sup>R&D Center, Sejong Industrial Co. Ltd., 800-1 Hyomoon-dong, Buk-gu, Ulsan 683-360, Korea

**Abstract** >> This work experimentally investigates that Diesel-DME blended fuel influences combustion characteristics and emissions (NOx, CO, HC, smoke) in a single-cylinder DI diesel engine. Diesel is used as a main fuel and DME is blended for the use of its quick evaporating characteristics. Diesel and DME are blended by the method of weight ratio. Weight ratios for Diesel and DME are 95:5 and 90:10 respectively and the both ratios have been used altogether in blended fuel. The experiments are conducted in this study single cylinder engine is equipped with common rail and injection pressure is 700 bar at 1200 rpm. The amount of injected fuels is adjusted to obtain the fixed input calorie value as 972.2 J/cycle in order to compare with the fuel conditions. DME is compressed to 15 bar by using nitrogen gas thus it can be maintained the liquid phase. In this study, different system compared others paper is common rail system, also there is combustion and emission about compared DME and diesel fuel. It is expected to be utilized about blended fuel.

**Key words** : DME(디메틸에테르), Blended fuel(혼합연료), Mixing ratio(혼합비), Compression ignition engine(압축착화엔진), Reactivity(반응성)

#### Subscripts

CI : compression ignition

CO : carbon monoxide

THC : total hydrocarbon

NOx : nitrogen oxides

PM : particulate matter

CA : crank angle

SOI<sub>Main</sub> : start of injection

HRR : heat release rate

IMEP : indicated mean effective pressure

CR : compression ratio

<sup>†</sup>Corresponding author : otlim@ulsan.ac.kr

[ 접수일 : 2012.7.10 수정일 : 2012.8.2 게재확정일 : 2012.10.26 ]

Copyright © 2012 KHNES

## 1. 서 론

압축착화엔진(compression ignition engine, CI engine)은 가솔린엔진에 비하여 고압축비로 인한 높은 열효율과 펌핑 손실 감소 효과가 있고 희박연소 함으로 연료소비율이 향상되는 것으로 알려져 있으며, 배출가스(CO, HC) 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 규제를 동시에 해결 할 수 있는 엔진이다<sup>1)</sup>. 압축착화 엔진은 점차 강화되고 있는 CO<sub>2</sub> 및 연비규제를 만족하는 친환경 자동차로 주목 받고 있다. 그러나 연소실 내의 공기 및 연료가 불균일한 혼합기를 형성함으로써 연소과정 중 국부적인 고 당량비 영역이 발생하고, 이로 인해 유해배출물인 입자상물질(PM; particulate matter)이 많이 발생되며, 이론 공연비 및 고온 영역에서는 질소산화물(NOx; nitrogen oxides)이 다량으로 배출되는 문제점이 존재한다. 압축착화 엔진의 주요 유해배출물인 PM과 NOx에 대한 엄격한 규제에 대응하기 위해서는 신 연소기술과 후처리장치, 대체연료 사용 등 유해 배출가스를 줄이기 위한 연구들이 여러 기관에서 수행되고 있다.

대체연료 중 하나로서 시판 중에 있는 천연가스와 액화석유가스는 저공해 대체연료로서 압축착화엔진의 PM 등을 대폭 저감할 수 있다. 그러나 세탄가가 아주 낮아서 디젤 사이클 운전이 불가능하여 가솔린 기관으로 전환해야하기 때문에 기관의 열효율이 저하되는 단점이 있다<sup>2)</sup>.

또 다른 디젤의 대체연료로서 DME(dimethyl ether)는 세탄가가 높고(CN≥55), 자기착화온도가 낮아 압축착화방식이 가능하다. 이로 인해 압축착화엔진의 장점인 고효율을 유지할 수 있으며 또한 비등점이 낮아(-25℃) 기화가 빨리 일어나기 때문에 혼합특성이 우수하고 적심현상(wall wetting)이 거의 없다. DME는 LPG와 유사하게 상온에서 약 6bar 이상 가압시 액화가 가능하므로 기존의 LPG 인프라를 그대로 활용할 수 있는 것도 하나의 장점이다. 그리고 압축착화엔진의 가장 큰 단점인 PM 발생이 DME 연료에서는 거의 배출되지 않는다. 이는 DME분자 구조상에 탄소(C) - 탄소(C) 결합이 없고 분자 내의 산소 함

유량이 높으며(34.8%) 탄소(C)와 수소(H)의 비율이 가장 작기 때문이다. 이러한 특징들이 압축착화엔진의 대체연료로서 DME가 각광받는 이유이다.

그러나 DME는 연료특성상 디젤보다 발열량이 낮기 때문에 동일한 동적 특성을 얻기 위해서는 더 많은 연료의 유량이 필요하며 연비향상과 NOx저감이 요구된다. 그리고 DME는 점도가 낮아 연료가 누설되기 쉽고, 압력 및 온도 변화에 따라 탄성계수와 밀도가 크게 변화하여 안정된 분사량을 확보하기 어려운 문제가 있다. 또한 DME는 금속에 대한 부식성은 없으나 고무와 같은 탄성부품과 화학반응을 일으키므로 DME에 적합한 연료분사 시스템 개발에 관한 연구가 필요하다.

압축착화엔진에서 대체연료 적용의 방안으로써 두 종류 연료를 사용하는 혼소엔진이 검토되어져 왔다. 디젤연료와 혼소로 사용되는 연료로는 LPG, CNG, DME등 가스 및 이를 액화시켜 사용하는 연료를 채택하여 많은 연구들이 진행되어왔다. 그 결과 기존엔진의 성능을 유지하였으나, 배기부분에서 각 조건마다 NOx의 배출이 다르게 나타났다. 이를 보완하기 위해 추가적인 후처리 장치가 필요하였으며, 혼소엔진을 가능케 하기 위해 분사시스템 개조가 필요하여 엔진의 구조가 상대적으로 복잡해진다. 또한 세탄가 및 옥탄가량이 연료마다 다르기 때문에 연소제어가 힘들어지는 단점들이 존재한다. 그런데 최근에 이에 대한 문제점들을 보완하고자 디젤과 증발 특성이 우수한 DME의 연료혼합에 관한 연구가 수행되어지고 있다.

Ikeda 등<sup>3)</sup>은 디젤에 DME를 40% 혼합하고 분사압을 170bar로 해서 분사방식 및 분사시점 지각에 따른 연소 및 배기영향을 확인하였다. 그 결과, 분사시점 지각할 시 NOx는 혼합연료와 디젤연료가 비슷하였으며, smoke는 줄어들고, HC는 증가하였다. 반면에 BMEP가 증가할 때는 NOx가 줄어들고, smoke는 증가하였으며, HC는 비슷하였다. 또한 이 논문에서는 분사방식과 DME 혼합량에 따른 배기특성을 나타내었지만, 순수 DME 및 디젤과의 비교데이터는 없었다. 그리고 커먼레일이 장착되지 않은 엔진이다.

Wang 등<sup>4)</sup>은 디젤에 DME를 10, 20, 30% 혼합하여 연료를 일정한 시점, 180bar로 분사하여 실험하였다. 그 결과 고부하에 smoke 영향을 많이 받으며 BMEP가 낮은 영역에서의 영향은 적다. 그리고 혼합 연료에 DME양이 증가할수록 NOx는 조금 감소하고, 반면에 CO, HC는 증가하였다. 그러나 연소특성 및 순수 DME와의 비교 데이터는 없으며, 역시 커먼레일이 장착되지 않은 엔진이다.

Jin-zhou 등<sup>5)</sup>은 혼합연료에 DME를 25, 50, 75% 혼합하여 흡기온도, 분사압력, BMEP를 변화시켜 가며 연소 및 배기특성을 확인하였는데 다른 연구와 다른 점은 연료를 흡기포트에 분사 한 것이다. 그 결과 DME 혼합시 viscosity는 감소하고 vapor pressure은 조금 증가하였다. 그리고 HCCI엔진에서 DME 50%가 가장 효과적이고 순수 DME 및 디젤 문제점을 해결한다고 하였다. 또한 흡기온도에 따른 영향으로는 온도 상승시 운전범위가 짧아진다. 이는 노킹에 의한 제한으로 보며, 이를 위해 CO<sub>2</sub>를 투입하여 점화시기를 제어 할 수 있다고 명시하였다.

본 연구에서는 증발특성이 우수한 DME연료를 디젤연료에 혼합하여 연료의 혼합비에 따른 연소특성 및 배기가스 특성을 확인 하고자 한다. 그리고 본 실험에서는 앞서 열거한 혼합연료의 선행 연구들과 달리 커먼레일 분사 시스템을 도입하여 고압의 연료 분사에 따른 영향을 알고자 한다. 또한 각 조건에서의 연소 및 배기특성을 순수 디젤, DME의 특성과 비교 분석하여 혼합연료에 관한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에 사용된 엔진은 커먼레일 분사시스템을 장착한 단기통 직접분사식 압축착화엔진이다. 배기량은 498cc, 기본 압축비는 19.5:1이며, 자세한 엔진의 제원은 Table 1에 나타내었다. 실험용 단기통 엔진은 ECU가 없기 때문에 엔진의 제어를 위해서 제

Table 1 Engine specification

Engine type	Water-cooled 4 cycle diesel	
Number of cylinder	1	
Bore×Stroke	83×92 mm	
Displacement	498 cc	
Number of valves	2 intake, 2 exhaust	
Compression ratio	19.5	
Valve timing	Intake	8 °CA bTDC / 44 °CA aBDC
	Exhaust	54.6 °CA bTDC / 7.4 °CA aTDC
Fuel system	Common rail	
Injection type	Direct injection	
Nozzle holes	7 holes	
Nozzle hole diameter	0.134 mm	

어장치를 구성해야 한다. 크랭크축에 장착된 로터리 엔코더(Autonics; E40S)로부터 나온 크랭크각도 신호는 엔코더 인터페이스박스(Zenobalti Co.; ZB-100)와 엔진 컨트롤러 (Zenobalti Co.; ZB-8035)를 통해 인젝터 드라이버(TEMS; TDA-3300)로 전달되어 분사시간 및 횟수를 조절한다. 커먼레일압력은 PCV 드라이버(Zenobalti Co.; ZB-1100)를 사용해 압력을 제어한다. 엔진의 운전 속도는 150 kW급 와전류형 동력계를 엔진 크랭크축과 연결하여 제어하였다.

배기가스 분석장치(HORIBA; MEXA-7100 DEGR)를 이용하여 CO, THC, NOx를 측정하였으며 smoke는 smoke meter(AVL; 415)를 사용하여 분석하였다. 배기데이터의 모든 값은 각 조건에서의 정상 상태일 때 1분 동안 측정하여 얻은 데이터를 평균한 값이다. 연소실 내 압력측정을 위해서 piezo electric형의 압력센서(Kistler; 6056A)를 실린더헤드를 가공하여 장착하여 0.1°CA 간격으로 데이터를 취득하였다. 압력 데이터 또한 엔진이 정상 상태일 때 50cycle을 취득하여 1cycle로 평균하였다.

연구에 사용된 연료는 DME와 디젤의 혼합연료이며 DME연료가 가지는 물리·화학적 특성은 디젤과 다르기 때문에 DME연료에 적절한 분사시스템을 구성하였다. DME연료는 점도가 낮고 윤활성이 좋지 않아 플런저 등의 극간에서 연료가 누설되기 쉬우므로 공압펌프(Haskel; ASF-100)를 이용하여 연료를

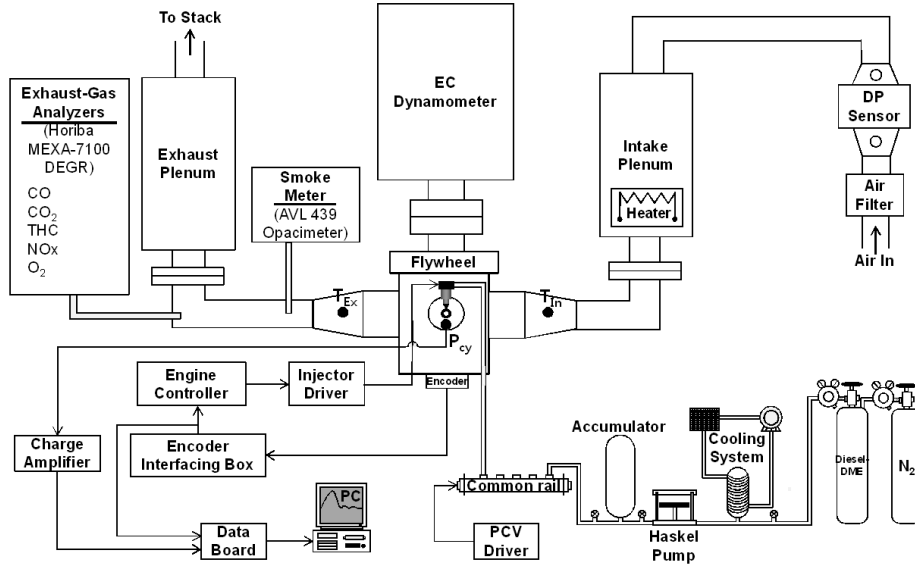


Fig. 1 Schematic of the engine facility

공급하였다. 그리고 DME연료의 기화점은 디젤연료에 비해 상당히 낮기 때문에 안정적으로 연료를 액화상태로 공급하기 위해서는 DME 연료탱크에 N<sub>2</sub>를 약 15bar 정도 충분히 가압하여 연료탱크에서 토출되는 압력을 약 10~15bar로 유지시켰다. Fig. 1은 실험장치의 개략도이다.

2.2 실험방법

Table 2는 DME와 디젤의 연료 특성을 비교하여 나타내었으며, 본 연구에서 사용한 실험연료는 Table 3

Table 2 Fuel properties

Property	Diesel	DME
Chemical structure	C <sub>n</sub> H <sub>1.8n</sub>	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
Cetane number	40~50	>> 55
Vapor pressure [20°C]	-	0.51 MPa
Auto-ignition temperature	250°C	235°C
Low heating value	42.7 MJ/kg	28.8 MJ/kg
Boiling point [1atm]	180~370°C	-25.1°C
Liquid density	831 kg/m <sup>3</sup>	667 kg/m <sup>3</sup>
Oxygen content	0%	34.8%

과 같이 4종류의 연료(Diesel, DME, DiDm 95, DiDm 90)를 실험하였다. 혼합연료인 DiDm은 다음과 같이 정의하였다.

$$DiDm(\%) = \frac{Diesel(kg)}{Diesel(kg) + DME(kg)} \times 100$$

DME와 디젤연료의 혼합은 질량비를 적용하여 혼합하였다. DME 및 디젤연료의 혼합방법은 가압용 LPG 붐베를 이용하였다. 우선, 디젤을 붐베에 넣어 준 뒤 붐베를 6bar이상 가압한다. 그리고 가압된 붐베에 액화된 DME연료를 넣어준다. DME와 디젤연료는 서로 다른 연료특성으로 인해 디젤연료는 아래에 깔리고 액화된 DME연료가 그 위에 위치하여 층분리가 일어난다. 그러나 5~6시간 후면 일어난 층분리가 특별한 휘저음 없이도 서서히 균질하게 혼합되어지는 것을 확인 할 수 있다. 연료를 붐베에 투입하기 전, quartz가 장착된 가압용 챔버를 이용하여 위와 같은 사실을 확인하였다.

엔진실험은 자연흡기 조건에서 냉각수와 흡기온도를 각각 25 ± 2, 80 ± 1°C로 일정하게 유지시켜 실

**Table 4** Operating condition

Engine speed	1200 rpm
Injection pressure	700 bar
Injection timing	340~365 °CA
Input calories	972.2 J/cycle
Intake pressure	N/A
Intake temperature	25 ± 2 °C
Coolant temperature	80 ± 1 °C

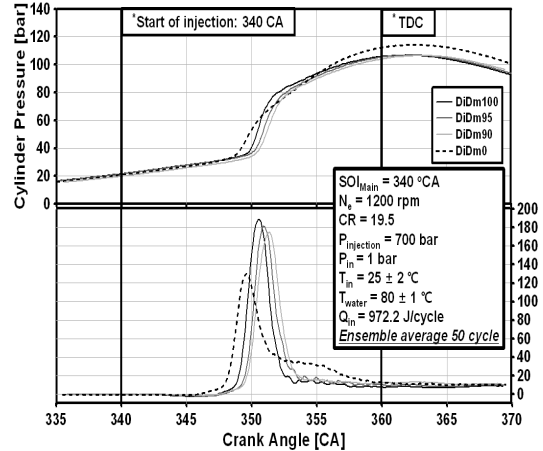
험하였으며 운전조건은 Table 4와 같다. 엔진속도는 1200rpm으로 설정하였고, 분사압력은 커먼레일 연료분사시스템 을 사용하여 700bar에서 실험하였다. 연료량은 각 연료마다 발열량이 다르기 때문에 동일한 투입열량을 맞추어 972.2J/cycle만큼 실린더 내 분사였다. 분사시점은 5°CA씩 지각시켜 340~365°CA 범위에서 실험하였다.

특히, DME의 분사된 연료량을 측정하기 위해 가압챔버에 1000cycle를 분사하여 분사량을 확인하였다. 앞서 설명하였듯이 DME연료의 낮은 기화점 때문에 액화상태로 측정하기 힘들다. 이를 위해서는 가압챔버에 N<sub>2</sub>를 motoring시, 본 엔진의 실린더 내 최고압인 40bar로 가압하여 분사된 연료를 액상으로 유지시켰다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 연소특성

Fig. 2는 분사시점 340°CA에서 순수 디젤, DME 연료 및 혼합연료에 따른 실린더 내 압력곡선 및 열 발생률을 나타낸다. DME연료에서의 최고압력은 디젤 및 혼합연료보다 대략 10bar 정도 더 높다. 이는 DME연료 특성상 다른 연료보다 빠른 기화성, 높은 세탄가 및 우수한 혼합기 조성으로 인해 짧은 착화 지연과 높은 연소압력을 보인다. 그리고 혼합연료의 최고압력은 디젤연료와 거의 비슷하다. 또한 압력곡선 기울기는 보는 바와 같이 디젤연료가 가장 가파르며 혼합연료에 DME연료가 첨가될수록 압력곡선



**Fig. 2** Cylinder pressure and heat-release rate for blended fuels at SOI<sub>main</sub> = 340 °CA

기울기는 완만해 지는 것을 확인할 수 있다. 이는 DME연료가 먼저 증발하면서 디젤연료 부분에서 잠열을 빼앗아 온도가 낮아져서 디젤의 착화성을 낮추는 효과가 있는 것으로 판단된다.

열 발생률 그래프를 살펴보면, DME연료의 연소 시작점은 앞서 언급한 DME연료의 특성으로 인해 디젤연료보다 연소 시작 시점이 빠른 것을 확인할 수 있다. 그러나 혼합연료에서는 예상과 달리 DME 연료가 증가할수록 연소 시작 시점이 지각 되는 것을 확인할 수 있다. DME연료를 디젤 연료에 첨가해 줌으로써 혼합연료가 실린더 내 분사되었을 때 디젤 연료에 혼합된 DME연료가 먼저 기화되고 디젤연료 또한 밀어주면서 혼합연료의 미립화를 촉진시켜서 연소 시작 시점이 디젤연료보다 진각 될 것이라 예상하였지만, 실험 결과는 상이하였다. 이는 혼합연료가 실제 실린더 내 분사되었을 때는 먼저 기화된 DME 연료가 분무된 디젤연료 액적과 공기의 접촉

**Table 3** Test fuels

Neat fuels	DiDm 100	Diesel
	DiDm 0	DME
Blended fuels	DiDm 95	Diesel(95%) - DME(05%)
	DiDm 90	Diesel(90%) - DME(10%)

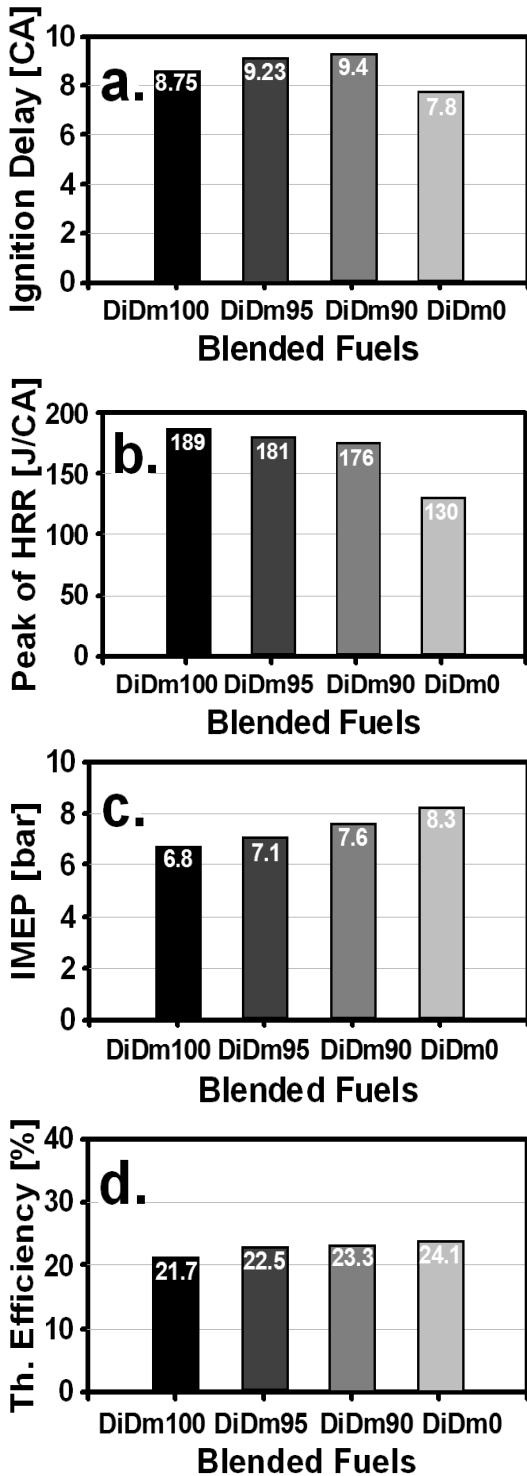


Fig. 3 Combustion of characteristic the (a) ignition delay (b) peak of HRR (c) IMEP (d) thermal efficiency for blended fuels at  $SOI_{Main} = 340 \text{ }^\circ\text{CA}$

을 차단하는 역할을 수행하게 되어 착화지연이 길어진 것으로 판단된다. 그리고 최고 발열량은 압력곡선 기울기가 가장 가파른 디젤연료가 제일 높았으며, DiDm 95, DiDm 90, DME연료 순으로 낮아진다.

Fig. 3은 분사시점 340°CA에서 순수 디젤, DME 연료 및 혼합연료에 따른 착화지연, 최고 열 발생량, IMEP, 열 효율을 나타낸다. Fig. 3의 (a)와 (b)그래프는 각 연료에 따른 착화지연 및 최고 열 발생률을 나타낸다. 앞서 말한 것과 같이 DME연료가 착화지연이 가장 작으며, 디젤연료에 DME연료가 증가할수록 착화지연은 디젤, DiDm 95, DiDm 90연료 순으로 길어진다. 최고 발열량은 디젤, DiDm 95, DiDm 90, DME연료 순서로 점차 작아진다. Fig. 3의 (c)와 (d) 그래프는 각 연료에 따른 IMEP 및 열 효율을 나타낸다. (c)그래프에서 확인할 수 있듯이 혼합연료의 IMEP는 디젤연료보다 각각 DiDm 95은 0.3 bar, DiDm 90은 0.8 bar 더 높다. 이는 혼합연료에 DME연료가 증가할수록 착화지연이 길어지게 되고 이로 인해 TDC 이전에 일어났었던 압축행정에서의 음의 일이 TDC에 가까워짐으로써 양의 일로 전환되면서 IMEP가 증가한 것으로 보여진다. 반면에 DiDm 0인 DME연료는 착화지연이 가장 짧는데 비해 IMEP가 8.3 bar로 가장 높다. 이는 DME연료의 최고압력이 다른 연료에 비해 높아서 IMEP에 영향을 미친 것으로 보인다. 그리고 열 효율은 각 연료에 대해 동일한 열량을 투입시켰기 때문에 IMEP가 높은 순으로 열효율이 증가함을 확인할 수 있으며, DME연료를 혼합하게 됨으로써 보다 많은 전체의 열발생률을 얻을 수 있어서 열효율 측면에서 유리하다.

### 3.2 배기특성

Fig. 4는 순수 디젤, DME연료 및 혼합연료에서 주 분사 시기에 따른 CO, THC, NOx 그리고 smoke를 나타낸다. Fig. 4의 (a)와 (b)그래프는 CO 및 THC의 배기특성으로써, 거의 모든 분사시점에서 DME연료가 디젤연료보다 낮게 나온다. 이유는 DME연료 자체내의 CH 성분이 작으며 합산소 연료이기 때문이

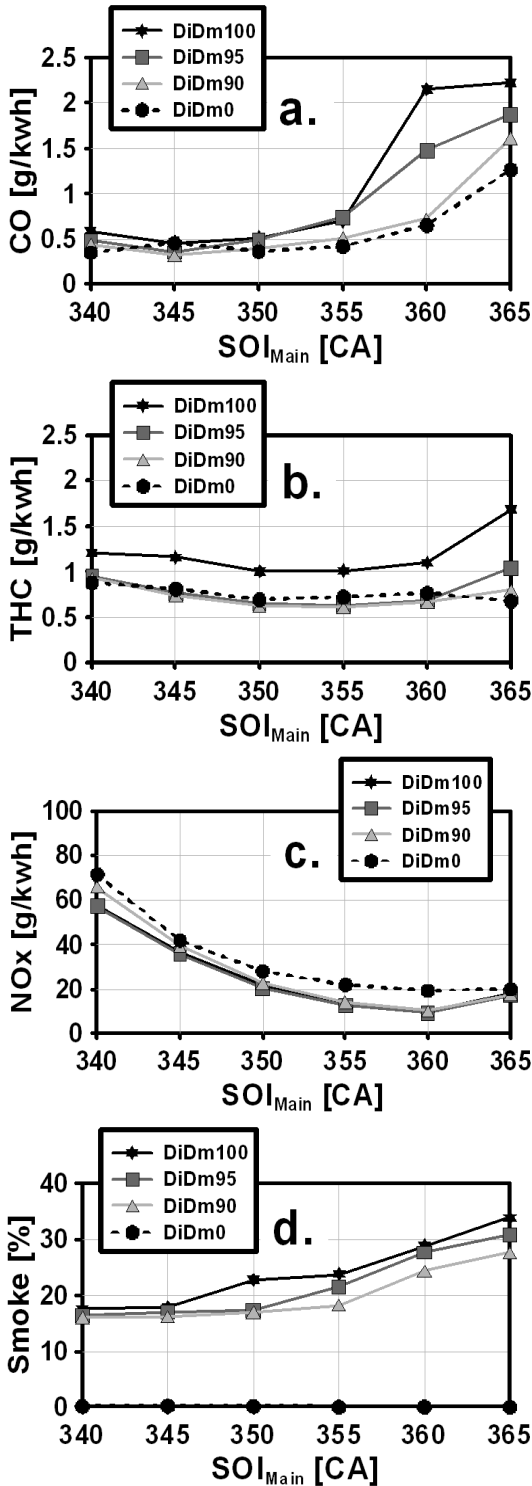


Fig. 4 Emission of characteristic the (a) CO (b) THC (c) NOx (d) smoke in various SOI<sub>Main</sub>

다. 그리고 DME연료가 실린더 내 분사 하였을시 분무 길이가 짧고 기화성이 좋기 때문에 실린더 적심 현상이 줄어들기 때문이다. 혼합연료에서는 디젤연료에 DME연료가 증가함에 따라 디젤연료 보다 낮은 수치를 보였다. 즉, CO같은 경우, DiDm 90연료가 DiDm 95연료보다 DME연료의 양에 근접하였으며, THC는 오히려 DiDm 95, DiDm 90연료 모두 DME연료보다 낮거나, 근접하는 수치를 보였다.

Fig. 4의 (c)그래프는 NOx의 배기특성을 나타내며, 모든 영역에서 DME연료의 NOx량이 디젤연료보다 높다. 이는 DME연료가 디젤연료보다 상대적으로 출력 및 IMEP가 높기 때문에 연소온도가 상승하여 더 많은 NOx가 배출된 것으로 보여진다. 그래서 혼합연료의 경우 DiDm 95연료는 디젤연료와 NOx 배출량이 별반 차이를 보이지 않지만 DiDm 90연료에서는 디젤연료보다 증가하여 DME연료 쪽으로 가는 경향을 보인다.

Fig. 4의 (d)그래프는 smoke의 배기특성이다. 그래프에서 확인할 수 있듯이 DME연료는 합산소 연료이기 때문에 비 합산소 연료인 디젤연료에 비해 거의 smoke를 배출하지 않는다. 그래서 디젤 연료에 DME연료량이 증가할수록 smoke의 배출량이 줄어들게 된다. 혼합연료인 DiDm 95, DiDm 90연료는 디젤연료의 smoke 배출량 보다 최대 20 %가량 줄어 들었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 단기통 직접분사식 압축착화엔진을 이용하여 증발특성이 우수한 DME연료를 디젤연료에 혼합하여 연료의 혼합비에 따른 연소 및 배기 특성을 순수 디젤과 DME연료와 비교 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 디젤연료에 DME연료가 증가할수록 착화지연은 디젤연료보다 길어지며, 최고 열 발생률은 감소한다.
- 2) IMEP 및 열 효율은 디젤연료에 DME연료 비율이 많아질수록 증가한다. 이는 길어진 착화지연으로

인해 TDC이전에 일어났었던 압축행정에서의 음의 일이 TDC에 가까워짐으로써 양의 일로 전환되면서 IMEP 및 열효율이 증가하였다.

- 3) 디젤연료와 비교하였을 때, 혼합연료의 THC와 CO는 DME연료 비율이 증가할수록 DME연료특성으로 인해 THC 및 CO의 배출량은 감소된다.
- 4) 디젤연료에 DME연료가 증가할수록 혼합연료의 smoke는 디젤연료보다 최대 20% 감소하였다. 반면에 NOx는 디젤연료보다 증가하였다. 이는 DME연료가 디젤연료보다 상대적으로 출력 및 IMEP가 높기 때문에 연소온도가 상승하여 더 많은 NOx가 배출되었다.

## 후 기

본 논문은 ‘지역 첨단산업 육성사업 RE-EV용 고효율 엔진발전시스템 기술개발사업’과 ‘농림수산식품기술기획평가원의 생명산업기술개발사업’의 지원에 의하여 연구되었으며 연구수행에 지원을 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 1) Korea Auto Forum, “2007 Automotive Environmental White Paper Eng.”, Secretariat of the Korea Auto Forum, 2007.
- 2) Y. D. Pyo, G. C. Kim, Y. J. Lee and M. H. Kim, “A Study Performance and Exhaust Emissions of DI Diesel Engine Operated with Neat DME and DME Blended Fuels”, KSAE, Vol. 11, No. 2, 2003, pp.75-82.
- 3) Mitsumasa Ikeda, Masato Mikami and Naoya Kojima, “Exhaust Emission Characteristics of DME / Diesel Fuel Engine”, SAE, 2006, SAE 2000-01-2006.
- 4) Wang Ying, Zhou Longbao, Wang Hewu, “Diesel emission improvements by the use of oxygenated DME/diesel blend fuels”, Atmospheric Environment 40(2006), 2006, pp. 2313-2320.
- 5) Jing-zhou Yu, Zhang Yu-Sheng and Medhat Elkelawy, “Spray and Combustion Characteristics of HCCI Engine Using DME/Diesel Blended Fuel by Port-Injection”, SAE, 2010, SAE 2010-01-1485.
- 6) Jingzhou Yu, Yusheng Zhang, Guangjun Jiang and Qiu Kui, “An Experimental Study on Steady Flash Boiling Spray Characteristics of DME/Diesel Blended fuel”, SAE, 2010, SAE 2010-01-0879.
- 7) Tomohisa Dan, Masataka Hashimoto, Ichiro Asano and Akira Kunikawa, “Improvement of Exhaust Gas Emission in Marine Diesel Engine by Blending DME”, SAE, 2007, SAE 2007-01-2014.
- 8) Heywood, J. B, “Internal Combustion Engine Fundamentals”, Mc Graw-Hill, New York, 1988.
- 9) D. Amarbayar, D. W. Jeong and O. T. Lim, “An investigation of effects of Fuel Stratification and Cooled EGR on DME HCCI Engine’s Operating ranges by Numerical Analysis”, KHNES, Vol. 20, No. 3, 2009, pp. 256-263.