

Water/Oil 에멀전 연료가 배출가스에 미치는 영향

김문찬* · 이창숙

청주대학교 이공대학 환경조경토목공학부
(2008. 4. 1. 접수, 2008. 5. 1. 승인)

It's effects for engine emission of water/oil emulsified fuel

Moon-Chan Kim* and Chang-Suk Lee

Department of Environmental Engineering, Cheongju University, Naedok-Dong,
Sangdang-Ku, Cheongju, Chungbuk, 360-764, Korea

(Received April 1, 2008; Accepted May 1, 2008)

요 약: 본 연구에서는 water/oil 유화연료를 제조하여 제조된 연료의 점도, 밀도, 최적의 조사시간, 유화 안정성 등의 유화연료 특성 및 배기배출물 특성인 NOx, THC, CO의 농도와 smoke density를 측정하였다. 유화연료는 경유, 물, 유화제를 첨가한 후 homogenizer와 초음파 발생장치를 일정시간 조사하여 제조하였고, 배출가스 시험은 2476 cc diesel engine을 사용하여 engine dynamometer로 실험하였다. 유화연료에서 함수율이 증가할수록 밀도가 증가하였으며, 점도는 함수율 60%까지는 W/O type이 형성되어 증가하다가 70%에서는 O/W type이 형성되어 감소하였다. 배출가스 시험결과 함수율이 증가할수록 NOx 농도와 smoke density는 감소하고, THC와 CO 농도는 증가하였다. 출력감소 시험 결과 함수율이 증가할수록 배출온도와 출력이 감소하였다. 위의 결과로부터 압축착화 디젤기관에 유화연료를 사용하는 것은 NOx와 smoke를 제거하는 효과적인 방법이라고 사료되어진다.

Abstract: In this study, the characteristics of emulsified fuel and engine emissions were studied. Emulsified fuel which composed of water and diesel was manufactured by using homogenizer and ultrasonic generator. Engine emissions were studied with engine dynamometer. In emulsified fuel, density and viscosity were increased with increasing water contents, but viscosity was decreased over 60% of water in emulsion fuel. The emulsion type of W/O changed to that of O/W over 60% of water in emulsion fuel. In the results of engine dynamometer test, NOx concentration and smoke density were reduced with increasing water contents in emulsified fuel but reciprocal in the case of THC, CO. Temperature and power were reduced with increasing water contents in emulsion fuel. In conclusion, it seemed that using emulsified fuel for diesel engine was effective for reducing NOx concentration and smoke density.

Key words : emulsified fuel, engine emissions, diesel engine, NOx concentration, smoke density

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)43-229-8573 Fax : +82-(0)43-229-8569

E-mail : mckim@cju.ac.kr

1. 서 론

압축점화 디젤기관은 가솔린 엔진에 비해 희박연소를 한다는 특성으로 인해 질소산화물(NOx)과 입자상 물질의 배출량이 많으며 이는 심각한 도시공해의 주범으로 지적되고 있다. 질소산화물은 태양광선에 의해 광화학반응을 일으켜 오존발생을 야기하여 호흡기질환 등을 유발하며, 미세먼지는 입자의 크기가 10 μm 이하의 작은 먼지로서 호흡기에 쉽게 침투하여 폐에 흡착됨으로써 기관지 영향과 폐암을 유발하는 것으로 알려지고 있다. 특히 우리나라 대도시지역 특성상 인구가 밀집되어 있고, 차량정체 시간이 길며, 도로주변과 거주지역의 이격거리가 짧고, 대형버스 및 트럭 등 경유 차량의 운행이 빈번하여 시민들이 느끼는 체감 오염도는 더욱 높아 대책이 시급한 실정이다.

저 NOx화 기술로는 연료의 전처리 및 연소설비를 개선하는 전처리 방법으로서 연료분사시기 지연, 연소실 형상 개조, 연료분사계 개선, 배기재순환(EGR), 물 분사법, 디젤유-물의 유화(emulsion) 연료사용 등과 배출가스 중에 포함된 NOx를 제거하는 후처리 방법으로서 촉매분해, 촉매환원, 흡수, 흡착 등을 들 수 있다.

이중 물을 액체연료와 함께 유화상태로 사용하는 방법은 열효율을 거의 저하시키지 않고도 NOx, particulate, CO 및 HC를 동시에 저감시킬 수 있는 기술로 최근 새롭게 주목 받고 있다. 이와 같은 효과가 생기는 주요 요인으로서 물 첨가에 의한 화염온도의 저하, 물의 급격한 증발에 의한 화염온도의 저하, 물의 급격한 증발에 의한 유적의 마이크로폭발, 분무관 통력의 증가에 따른 주위공기 혼입량 증대 등이 고려될 수 있다.

본 연구에서는 디젤유-물의 emulsion 연료를 제조하기 위하여 호모지나이저와 초음파를 함께 사용하는 방법, 그리고 유화제를 첨가하여 제조하는 화학적인 방법을 병행하여 제조하였다.¹ 제조되는 water/oil emulsion 연료의 특성을 알기위하여 emulsion 연료의 제변수를 측정하였고, homogenizer와 초음파의 조사시간 변화에 따른 영향을 실험하였다. 그리고 안정성 평가로는 온도 및 함수율을 변화시키면서 유화 안정지수를 관찰하여 안정성을 평가하였으며, 유화제의 농도 및 HLB 값에 따른 유화 안정성의 평가도 실시하였다.^{2,3} 또한 emulsion 연료 사용시 배출가스에 미치는 영향 및 출력의 변화를 파악하기 위하여 엔진의 각 mode 별 배출가스 시험과 출력시험을 실시하였다.

2. 이론적 배경

2.1. Emulsion의 기본개념

2.1.1. Emulsion(유화)

물과 기름같이 상호 용해하지 않는 두 액체의 한 쪽이 미립자가 되어 다른 액체 속에 분산되어 있는 계를 에멀전 또는 유탁액 에멀전이라 하며 이러한 상태로 하는 것을 유화(Emulsification)이라 한다.

에멀전은 어느 상이 분산매(연속상) 또는 분산상이 되는가에 따라 수중유적형(Oil in Water type, 단순히 O/W) 에멀전과 유중수적형(Water in Oil type, 단순히 W/O) 에멀전으로 나누어진다. 에멀전이 O/W형이 되는가 W/O형이 되는가는 어느형의 에멀전이 보다 안정한가에 따라 결정된다.

일반적으로 에멀전의 형을 결정하는 것은 유화제의 종류로서, 친수성 유화제는 수상이 분산매가 되는 O/W 에멀전이, 친유성 유화제는 유상이 분산매가 되는 W/O 에멀전이 만들어진다.

유화형은 연속상의 성질의 차이로서 분별이 가능하며, 생성되는 에멀전의 유화형을 판정하는 방법으로 ① 전기전도도 측정법(O/W형 쪽이 W/O형 보다 전도도가 높다) ② 회석법(물에 회석 시킬때 분산 용이한 것은 O/W형) ③ 염색법(수용성염료 또는 유용성 염료의 용해성을 관찰하여 판정)이 있다.

2.1.2. 유화제(Emulsifier)

서로 불용성 혹은 일부 가용성인 액체는 shaking, 교반, 충격, 초음파 등과 같은 물리적인 방법으로 유화시키는 경우도 있지만, 이 방법으로 얻은 에멀전은 매우 불안정하고 단시간 내에 분리된다. 즉 열역학적으로 미립자는 계면 에너지를 방출하고 큰 입자로 되려는 경향이 있으므로, 이것을 방지하기 위해서는 계면 활성제를 첨가하여 표면 장력을 저하시켜 응집되는 것을 억제하여야 한다. 이런 목적으로 사용되는 계면 활성제를 분산제(Dispersing agent) 또는 유화제(Emulsifier)라 하는데 액체의 세분화에 필요한 에너지를 줄여줌으로 여러 가지 기계적 방법에 의한 유화 생성을 용이하게 하는 동시에 에멀전의 안정성을 높이는 역할을 담당한다.^{4,5}

계면 활성제가 여러 가지 성질을 갖고 있는 것은 그 화학 구조가 소수기와 친수기의 적당한 조합으로 이루어져 있기 때문인데, 만일 친수기에 대해 소수기(친유기)의 작용성질이 지나치게 작으면 물에 대한 용해도는 현저히 증가하지만, 계면 활성 작용은 그 반대

로 저하되며, 소수기의 성질이 지나치게 크면 거의 물에 녹지 않게 되어, 어느 경우에서도 계면 활성제로서의 성능을 충분히 발휘하지 못한다. 이와 같이 음이온 활성제, 양이온 활성제, 비이온 활성제에 있어서 친수기와 소수기의 관계는 계면 활성제로서의 사용 목적에 따라 합리적으로 조정하여 분자 내에서 균형을 이루어야 되는 매우 중요한 인자이다. 계면 활성제의 구조적 성질을 정량적으로 나타내기 위해서 Atlas Powder사의 W.D. Griffin은 계면 활성제의 친수기-친유기(소수성)의 균형(Hydrophilic-Lipophilic Balance) 혹은 HLB를 제안하였는데, 이것은 계면 활성제의 거동, 성능 등을 총괄적으로 나타낼 수 있다.

친수성이 가장 강한 것을 40으로, 친수성이 가장 약한 것을 1로 하여 전체적인 친수성-친유성 균형, 즉 HLB를 1~40 사이의 숫자로 나타낸다.

J.T. Davis는 소수기와 친수기 각 원자단의 합계로 나타낸 다음과 같은 식으로 HLB를 구하였다.

$$HLB = \sum(\text{친수기}) - \sum(\text{소수기}) + 7$$

친수기와 소수기의 각 원자단에 대한 HLB 그룹수(Group number)로서 Table 1과 같은 수치로 표시된다.

계면 활성제가 특히 유화제로 사용되는 경우, 일반적으로 HLB 2~20 사이의 것을 사용하며 O/W형 유화제로는 8~14, W/O형 유화제로는 4~6이 적당하다고 알려져 있다. 일반적으로 친수기가 강할수록 O/W형 유화연료에 적합하며, 반대로 친유성이 강할수록 W/O형 유화연료에 적합하다.

유화연료를 제조하기 위하여 일반적으로 친유성과 친수성을 동시에 가지고 있는 유화제를 사용하며 경유-물 유화연료를 만드는 경우 사용되는 유화제로는 배출가스에 공해물질(유황성분 등)이나 독성물질(염소 성분이나 브롬성분 등)을 포함시키지 않고 배출가스의 성분이 인체에 무해한 H₂O나 CO₂를 배출하도록 구성원소가 C, H, O로만 이루어진 비이온 계면 활성제를 선택하는 것이 바람직하다.

3. 실험

3.1. 에멀전 연료 제조

본 연구에서는 유화연료를 제조하기 위하여 homogenizer와 초음파 유화기를 사용하는 물리적인 방법과 유화제를 이용하는 화학적인 방법을 병행하였으며,

Table 1. HLB group number about each atomic group

Hydrophilic group	HLB	소수기	HLB
-SO ₃ ·Na	38.7	-CH ₃	-0.475
-COO·K	21.1	-CH ₂ -	-0.475
-COO·Na	19.1	>CH-	-0.475
≡N(3차 아민)	9.4	=CH-	-0.475
-COO·R	2.4		
-COOH	2.1		
-OH	1.9		
-O-	1.3		
-CH ₂ -CH ₂ -O-	0.33		
-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -O-	0.15		

light oil에 유화제를 첨가한 뒤 수동으로 shaking한 후 homogenizer와 초음파 유화기를 이용하여 유화연료를 제조하였다.

Water/Oil 에멀전 연료를 제조하는데 사용된 재료로는 light oil, 증류수, 여러 종류의 유화제가 있으며, light oil은 대한석유공사에서 시판하고 있는 것을 사용하였고 유화제로서는 친수기와 친유기를 동시에 내포하고 있는 MS 3 (sorbitan trioleate, HLB=1.8, Dongnam Chemical Ind., Ltd), MS 1 (sorbitan monooleate, HLB=4.3, Dongnam Chemical Ind., Ltd), MT 3 (polyoxyethylene (20) sorbitan trioleate, HLB=11, Dongnam Chemical Ind., Ltd), MT 1 (polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate, HLB=15, Dongnam Chemical Ind., Ltd)을 사용하여 HLB에 따라 중량비를 조절하여 혼합하였다.

이들은 sorbitan과 ester들의 화합물로 이루어져 있으며, C, H, O만으로 구성되어 있어 220~350°C에서 대부분 인체에 무해한 CO₂와 H₂O로 분해된다. 이중 Monopol SPO1과 Monopol TWO 1030의 분자구조를 Fig. 1에 나타내었다.

에멀전 연료 제조시 유화제를 제외한 전체의 양을 150 g으로 하였으며, 과정도를 Fig. 2에 나타내었다.

3.2. Emulsion 연료의 제변수 측정

유화연료 중의 함수율의 증가에 따른 제변수를 측정하기 위해 수분의 함량을 10%에서 70%까지 증가시켰다. 유화연료는 유화제를 제외하고 150 g을 제조하였으며, 유화제의 비율은 총 유화연료량의 1.0% (w/w)로 하였고, 조사시간은 homogenizer를 16,000 rpm으로 3분 교반시킨 후 3분 동안 초음파 조사를 실시하였다. 이런 방법으로 제조된 유화연료의 온도, 점도, 밀도, 유화 타입을 측정하였다.

또한 유화제 첨가 농도 증가에 의한 입자의 분포

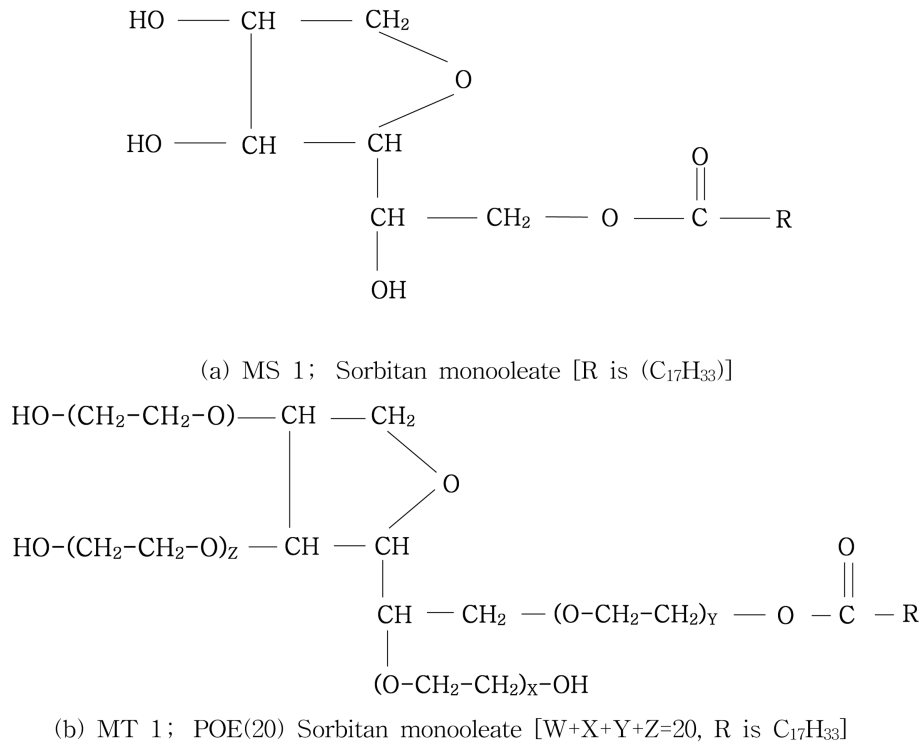


Fig. 1. Molecular formula of used emulsifier.

및 크기를 측정하기 위하여 MS 1:MT 3:MT 1의 비율이 8:1:1인 유화제를 0.5~3.0% (w/w)의 농도로 첨가하여 제조한 후 사진기가 부착된 광학현미경(모델; LABOPHOTO-2, 제조사; Nikon Inc.)으로 측정하였다.

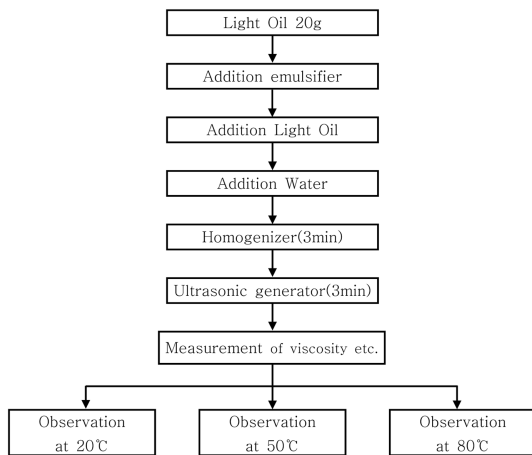


Fig. 2. Process of water/oil emulsified fuel manufacture.

3.3. Emulsion 연료의 사용에 따른 배출가스 성능 시험

3.3.1. 배출가스 시험

Water/Oil 에멀전 연료의 사용이 배출가스 및 출력에 미치는 영향에 관한 시험은 자동차 부품연구원에서 실시하였으며, 시험에 사용된 엔진의 사양은 Table 2에 나타내었다.

시험은 제조한 유화연료를 연소시켜 배출되는 오염

Table 2. Specification of engine

Engine type	HYUNDAI GRACE 1993
	Type D4BX
Bore×Stoke (mm)	91.5×95
Piston displacement (cc)	2476
Compress ration	21
Maximum output (ps/rpm)	73/4200
Maximum torque (kgm/rpm)	14.9/2500
Injection valve time	ATDC 4°C
Injection time program	1-3-4-2
Ignition type	Compression ignition

물질의 조성 and 배출량을 light oil만을 사용한 base 시험과 비교분석하여 유화연료가 배출가스에 미치는 영향을 파악하였다.

3.3.2. 출력시험

D-1~D-13 mode에서 출력시험을 실시하였으며, 유화연료를 사용한 출력시험과 light oil만을 사용한 base 출력시험을 비교하여 유화연료가 출력감소에 미치는 영향을 나타내었다.

또한 1,000 rpm에서 4,200 rpm까지 최대부하를 걸어주어 base시험과 유화연료 사용에 대한 시험의 배출가스 온도변화 및 출력감소를 나타내었다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 유화연료의 제 변수 관찰

비뉴톤 유체의 특성을 가지는 유화연료는 함수율이 증가할수록 점도가 증가하는 경향을 보인다. 본 실험에서는 함수율을 10~70%까지 증가시켜 온도 50°C에서의 점도를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 수분의 함량이 30%에서는 light oil의 점도보다 약 2배 정도 높아지는 것을 알 수 있다. 유화연료에서는 물 함유율이 60%까지 증가할수록 점도가 증가하는 것을 알 수 있으나, 함수율이 60%를 넘어 70%가 되면 점도가 급격히 떨어져 함수율 10%의 점도와 비슷한 값을 나타내었다. 이는 함수율 60%까지는 W/O type emulsion이 형성되지만 60% 이상에서는 O/W type emulsion이 생성되기 때문이다.

온도 50°C에서 수분의 증가에 따른 밀도의 변화를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 유화연료에서는 물 함유율이 증가할수록 밀도가 증가하는 것을 알 수 있었고, 물 함유율 30%의 경우는 순수 light oil에 비해 약 4%정도 증가하였다.

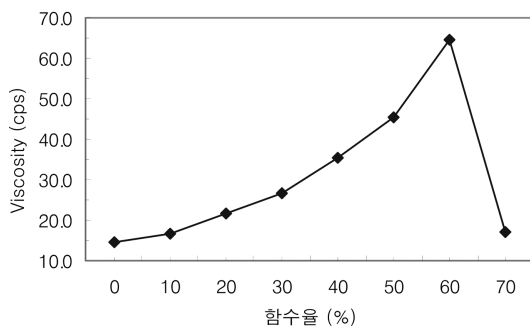


Fig. 3. Variation of viscosity with respect to water contents.

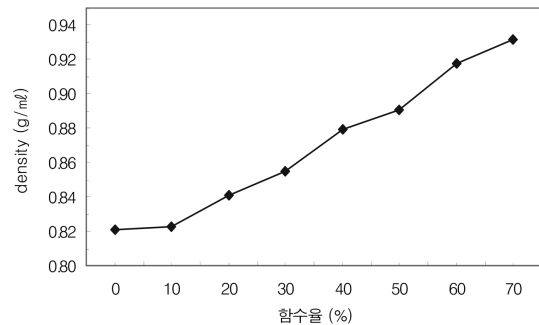


Fig. 4. Variation of density with respect to water contents.

제조된 유화연료의 형성 type은 첨가한 유화제의 HLB와 수분의 함량에 따라 결정되어지며, 함수율이 60%까지는 W/O type emulsion이 만들어지나 60% 이상이 되면 O/W type emulsion이 형성되는 것을 알 수 있었다.

유화제 첨가 농도 증가에 의한 입자의 분포를 사진 촬영하여 측정한 것에서 유화제의 첨가 농도가 증가할수록 입자의 분포가 균일해지고 크기도 작아져 안정성이 높아지는 것을 알 수 있었다.

4.2. 배출가스 시험 결과

유화제의 농도를 1.0% (w/w)로 하고, 세 종류의 유화제 MS 1 (HLB 4.3)과 MT 3 (HLB 11.0), MT 1 (HLB 15.0)의 조성을 각각 8:1:1의 비율로 하여 HLB 값을 6.04로 한 후 함수율을 변화시켜 각 mode별 배출가스(질소산화물, 매연, 총탄화수소, 일산화탄소) 시험을 수행하였다.

4.2.1. 질소산화물(NOx)

함수율 10% (w/w), 20% (w/w), 30% (w/w)의 유화연료를 사용한 것과 base 시험한 것의 질소산화물 배출 농도를 Fig. 5에 나타내었고, base 시험과 비교하였을 때의 질소산화물 감소율을 Fig. 6에 표시하였다.

유화연료는 모든 영역에서 질소산화물 감소 효과를 나타내었으며, 함수율이 증가할수록 질소산화물의 감소가 두드러지게 나타났다. 함수율이 30% (w/w)인 경우는 9~12 mode에서 배출되는 질소산화물의 농도가 약 10 ppm 정도로 매우 낮은 농도를 나타내었다. 이와 같이 유화연료 사용시 함수율이 증가함에 따라 질소산화물의 배출 농도가 낮아지는 것은 ① 에멀전 중 수분의 증발잠열에 의한 연소온도의 강하, ② 유화연료 연소시 미세폭발 효과로 인한 연소속진 작용으로 온도강하가 빨라져 고온 가스의 체류시간이 단축, ③

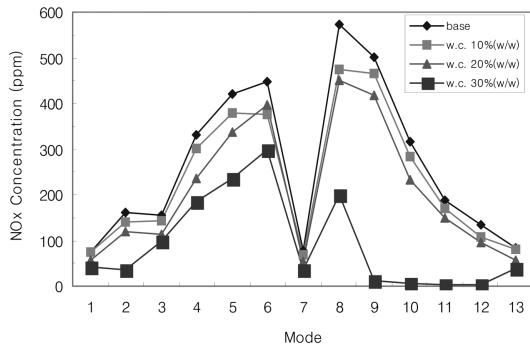


Fig. 5. Variation of NOx concentration on each mode. Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1; MT 3; MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

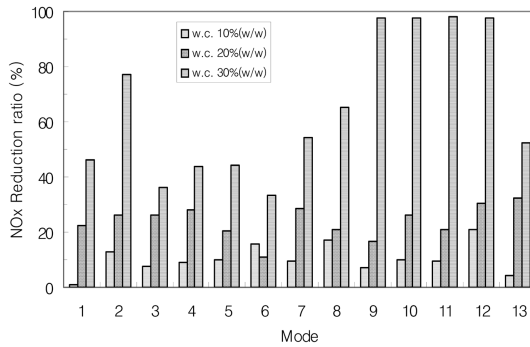


Fig. 6. Reduction ratio of NOx on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1; MT 3; MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3min, ultrasonic waves 3 min.

유화연료 중 수분의 증발로 인하여 발생하는 수증기에 의해 연소실내의 가스가 희석되어 산소농도가 낮아지기 때문으로 판단된다.

4.2.2. 매연(Smoke)

함수율 20% (w/w)와 30% (w/w)의 유화연료를 사용한 것과 base 시험한 것의 smoke density를 Fig. 7에 나타내었고, base 시험과 비교하였을 때의 smoke reduction을 Fig. 8에 표시하였다.

유화연료는 함수율이 증가할수록 smoke density가 감소하였고, smoke가 감소되었다. 수분함량이 증가함에 따라 smoke가 줄어드는 것을 ① 연소온도의 저하, ② 에멀전의 미세폭발로 인한 액적의 표면적 증가로 인해 공기와 연료의 혼합 촉진, ③ 수증기 농도의 증가, ④ 물과 탄소의 수성반응에 의한 효과 때문으로 판단된다.

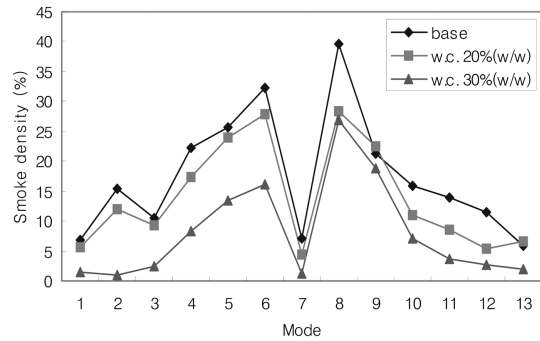


Fig. 7. Variation of smoke density on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1; MT 3; MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

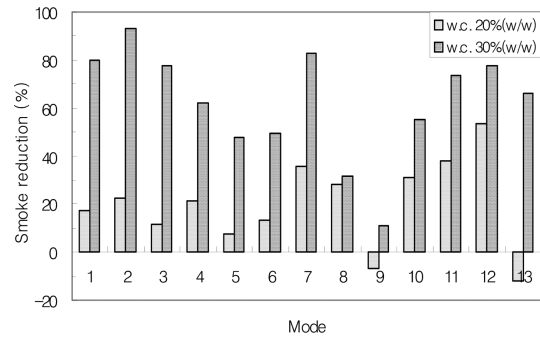


Fig. 8. Reduction ratio of smoke on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1; MT 3; MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

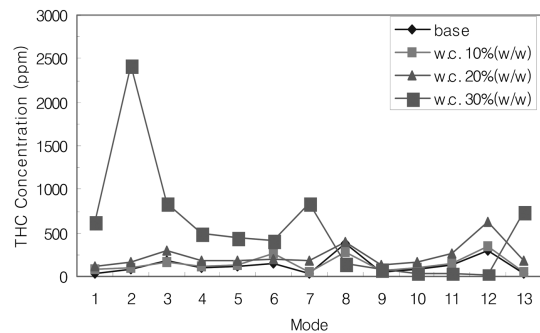


Fig. 9. Variation of THC concentration on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1; MT 3; MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

4.2.3. 총탄화수소(THC)

함수율 10% (w/w), 20% (w/w), 30% (w/w)의 유화연료를 사용한 것과 base 시험한 것의 총탄화수소 배출 농도를 Fig. 9에 나타내었다.

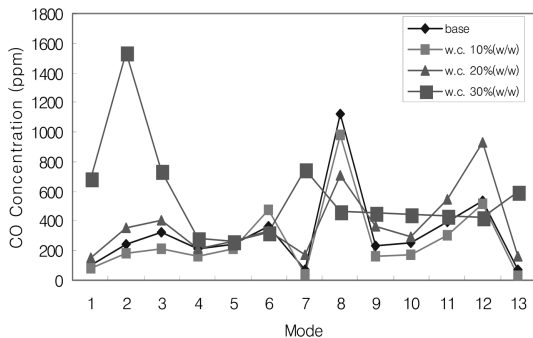


Fig. 10. Variation of CO concentration on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1 : MT 3: MT 1=8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

함수율 30% (w/w)의 경우는 mode 8과 mode 12사이에서 base 시험과 비교하여 낮은 농도의 총탄화수소가 배출되었으나 전반적으로 물의 첨가비율이 증가할수록 탄화수소의 농도가 높게 배출됨을 알 수 있었다. 이는 물이 첨가됨에 따라 연소실내의 온도가 강해지기 때문이며, 여기에 저온으로 인한 불완전 연소 현상이 더해져 함수율이 증가할수록 총탄화수소 배출이 많아지는 것으로 판단된다.

4.2.4. 일산화탄소(CO)

Fig. 10은 각 mode별 유화연료의 물 첨가비율에 따른 일산화탄소 배출 농도를 나타낸 것이다.

일산화탄소 농도는 mode 8의 경우를 제외한 영역에서 base 시험보다 높은 값을 보이고, 함수율이 증가할수록 배출 농도가 높아짐을 알 수 있었다. 이는 유화연료 중 물의 증발에 의해 연소실내 가스의 온도가 저하되어 착화시기 지연으로 인한 불완전 연소의 증가 때문으로 판단된다.

4.3. 출력감소 시험 결과

각 mode별 base 시험과 함수율 10% (w/w), 20% (w/w), 30% (w/w)의 유화연료를 사용한 시험의 배출 온도를 Fig. 11에 나타내었다.

함수율이 10% (w/w)에서는 온도가 증가하였으나, 20% (w/w)와 30% (w/w)에서는 온도가 감소함으로 대체적으로 함수율이 증가할수록 배출온도가 감소함을 알 수 있었다. 이는 수분의 함유로 인하여 연소실온도 및 연소온도가 저하되었기 때문으로 판단된다.

각 mode별 base 시험과 함수율 20% (w/w), 30% (w/w)의 유화연료를 사용한 시험의 출력을 Fig. 12에

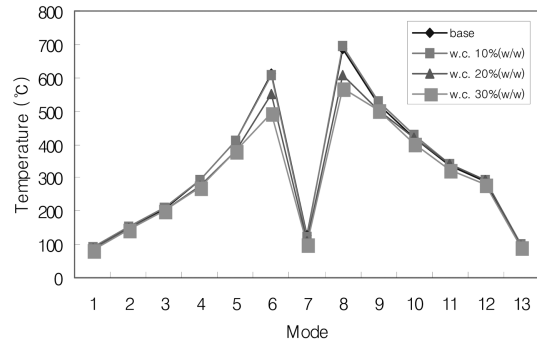


Fig. 11. Variation of exhaust temperature on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1 : MT 3: MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

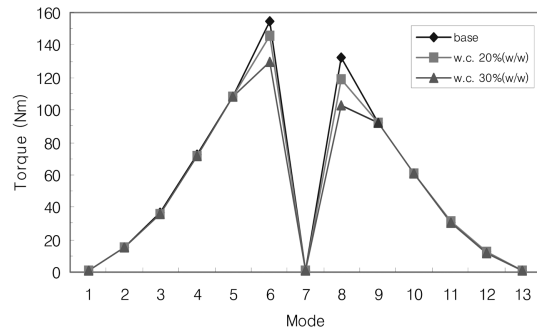


Fig. 12. Variation of torque on each mode Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1 : MT 3: MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

나타내었다.

Mode 6과 mode 8을 제외한 모든 영역에서의 출력 저감은 약 -1~1 Nm 내외로 출력의 감소가 거의 변화가 없으나, mode 6과 mode 8은 각각 평균 11.0, 27.0 Nm 만큼의 출력감소가 발생하였다. 대체적으로 함수율이 높아질수록 출력의 저하가 크게 나타났으며, 이는 수분에 의한 발열량 저하 때문으로 판단되어진다.

Fig. 13은 full load test시 함수율 30%인 유화연료를 사용한 시험과 base 시험의 온도를 rpm에 따라 나타내었고, Fig. 14는 full load test시 함수율 30% (w/w)인 유화연료를 사용한 시험과 base 시험의 smoke density 및 smoke reduction ratio를 나타내었다.

유화연료를 사용한 경우가 모든 rpm에서 base 보다 온도가 낮았으며, 최대의 온도저하는 1,000 rpm에서 6.78%이었다. 온도가 감소한 것을 통하여 출력감소도 발생한다는 것을 알 수 있었다.

Full load에서의 smoke density는 함수율이 증가할수

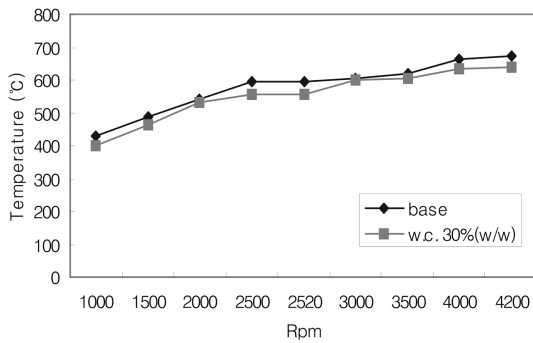


Fig. 13. Variation of temperature on rpm at full load test Emulsifier fuel; 150 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1: MT 3: MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

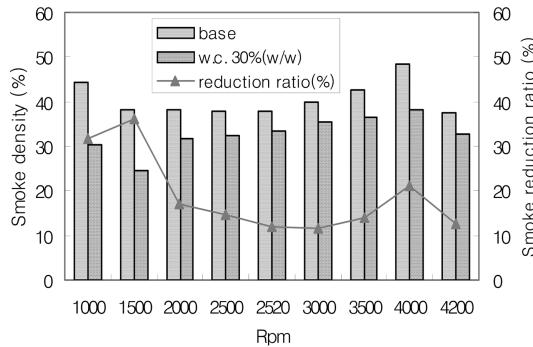


Fig. 14. Smoke density and reduction ratio on rpm at full load test Emulsifier fuel; 15 g, emulsifier; 1.0 wt%; MS 1: MT 3: MT 1 = 8:1:1, irradiation time; homogenizer 3 min, ultrasonic waves 3 min.

를 감소하였으며, 감소율은 저 rpm에서 크게 나타났다.

5. 결 론

유화제로 sorbitan trioleate, sorbitan monooleate,

polyoxyethylene (20) sorbitan trioleate, polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate의 조성을 변화시켜 사용하고, light oil과 water를 사용하여 Water/Oil 에멀전 연료를 제조하였고 제조된 유화연료의 특성 및 배출가스 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 에멀전 연료 중 함수율이 증가할수록 점도 및 밀도가 증가하였고, 함수율이 60% (w/w)까지는 W/O type이 만들어지지만 70% (w/w) 이상이 되면 O/W type의 에멀전 연료가 형성되었다.

2. 배출시험 결과 모든 영역에서 질소산화물이 감소하였으며 함수율이 높아질수록 질소산화물의 감소양도 증가한 반면, 총탄화수소와 일산화탄소는 함수율이 증가할수록 배출량이 증가하였고, 각 mode에서 총탄화수소와 일산화탄소는 비슷한 배출 경향을 보였다.

3. 출력감소시험 결과 함수율이 증가할수록 배출 온도와 출력이 감소하였고, 평균 출력저하는 함수율 20% (w/w)에서 3.0%, 함수율 30% (w/w)에서 7.6% 이었다.

위의 결과로부터 압축착화 디젤기관에 유화연료를 사용하는 것은 NOx와 smoke를 제거하기 위한 효과적인 방법이라고 사료되어진다.

참고문헌

1. J. T. Overbeek, *Electrochemistry*, Vol. 1, Massachusetts Institute of Tech. Cambridge, Massachusetts(1981).
2. V. G. Griffing, *J. Chem. Phys.*, **20**, 939(1952).
3. T. J. Mason, *Advances in Sonochemistry*, Vol. 1, JAI Press, NY(1990).
4. T. J. Mason and J. P. Lorimer, *Sonochemistry*, John Wiley & Sons, NY(1988).
5. T. J. Mason, *Chemistry with Ultrasound*, Elsevier, NY(1990).