

# 家庭用보일러에서 超音波에너지를 附加한 輕油 및 混合燃料의 有用성에 關한 研究

권기린\* · 정광훈\*\*

## A Study on the Usability of Ultrasonic Energy-added Light Oil and Blend Oil in Domestic Oil Boiler

K. R. Kwon\* and K. H. Jeong\*\*

### ABSTRACT

This study was undertaken to investigate the usability in domestic oil boiler through the viscosity reduction and atomization of ultrasonic energy-added light oil and blend oil as the alternative fuel of light oil.

1. UL was the best at the combustion performances. The temperature of the combustion chamber and the boiler efficiency became increased by 2.0% and by 6.45% compare with light oil. CO and SO<sub>2</sub> was decreased, but NO<sub>x</sub> was increased by 5.17% compare with light oil

2. When using ULR10 and ULR20, the temperature of combustion chamber was as similar as that of LO, the boiler efficiency was increased by 4.83% and by 1.61% and NO<sub>x</sub>, CO and SO<sub>2</sub> were decreased. This shows the possibility that rapeseed oil would be substituted for light oil.

3. When using ULW10 and ULW20, the temperature of the combustion chamber and the boiler efficiency were lowered a little, but NO<sub>x</sub>, CO and SO<sub>2</sub> were decreased sharply.

**Key Words** : LO(light oil), UL(ultrasonic energy-added light oil), ULR10(fuel composed of 90% -light oil and 10%-rapeseed oil with ultrasonic energy), ULR20(fuel composed of 80%-light oil and 20%-rapeseed oil with ultrasonic energy), ULW10(fuel composed of 90%-light oil and 10%-water with ultrasonic energy), ULW20(fuel composed of 80%-light oil and 20%-water with ultrasonic energy)

\* 제주대학교 기계에너지생산공학부, 첨단기술연구소  
Faculty of Mechanical, Energy & Production Eng. Research  
Institute of Advanced Technology, Cheju Nat'l Univ.

\*\* 제주대학교 대학원  
Graduate School, Cheju Nat'l Univ.

### 1. 서론

최근에는 자동차, 공장 및 대형 증기용 기름보일러 뿐만 아니라, 배출량이 적은 난방기구에서의 화석에

너지의 사용량이 증대되고 있으며 배기가스에서의 오염 성분 발생 문제도 심각해지고 있다.

이러한 에너지 소비량의 증가로 화석 에너지에 대한 의존 한계성과 대기 오염 문제가 대두됨에 따라 세계 각 국은 에너지 절감 방법과 친환경적인 에너지원의 개발에 노력하고 있다.

디젤기관에서 경유에 식물유를 25% 혼합하여 사용할 경우, 경유의 사용보다 정숙하며 열소비율이 감소한다고 보고되고 있으며[1], 경유에 물을 혼합할 경우 물 첨가율은 연소장치에 따라서 다르지만 30% 이하에서 효과가 나타난다고 보고되고 있다[2].

유류용 보일러와 같이 노즐을 이용한 연료분사장치에서는 연료의 점도를 낮추고, 미립화된 연료가 버너의 노즐을 통하여 단시간 내에 공기와 잘 혼합하여 분무·연소되는 것이 연소 성능 향상의 가장 중요한 조건 중에 하나이다[3~5].

현재 점도 저감 및 미립화에 의한 연소 성능 향상의 방법으로는 연료 분무의 무화성을 개선하는 방법과 분무의 관통력 및 연소실 내의 분산성을 개선하는 방법, 또는 Swirl이나 Squish를 이용하여 새로운 기술의 도입을 촉진하는 방법, 연료를 에스테르화하는 방법, 연료를 예열하는 방법, 연료분사노즐의 형상을 변화시키는 방법, 초음파에너지를 이용하여 공기와의 혼합을 촉진시키는 방법 등이 있다. 특히 초음파 에너지 즉, 방사압에 의한 음압 효과와 공동현상[6~8]을 이용한 미립화 방법은 연료가 연소시 분열이 잘 되고 개질화가 용이하며, 장치가 간단하고 조용한 무화가 얻어지는 장점이 있다.

따라서 본 연구의 목적은 경유와 경유에 유체유를 섞은 혼합연료 그리고 경유에 물을 섞은 혼합연료에 초음파에너지를 추가하여 점도감소와 미립화된 연료를 가정용 기름 보일러에 적용하여 보일러 시동과 운전시의 연소 성능 및 배기가스의 성분을 분석함으로써 대체 연료로서의 유용성의 방안을 찾고자 하는데 있다.

## II. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 실험장치는 Fig. 1과 같으며 일반 가정용 기름 보일러, 초음파발전기, 초음파에너지 부

가장치, 유량계, 디지털 온도 조절계, 보일러 제어기, 배기가스 성분 측정기 및 배연 측정기로 구성되었다.

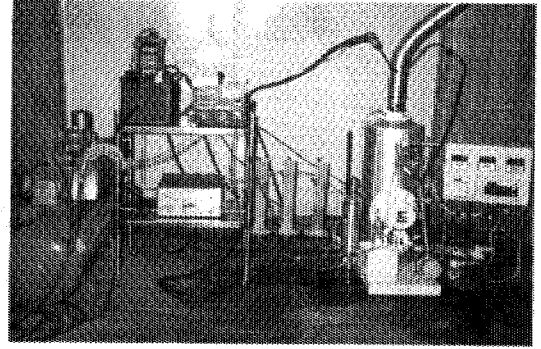


Fig. 1. Photograph of experimental apparatus.

### 2.1. 초음파에너지 부가 장치

#### 2.1.1. 초음파 연료혼합장치

초음파 연료혼합장치는 Fig. 2과 같이 초음파발전기, 진동자, 혼 그리고 250ml의 실험용 유리컵으로 구성되었으며, 경유와 물, 경유와 유체유를 혼합비율로 넣은 이 혼합연료의 교반을 위하여 초음파에너지를 120~180초 동안 추가하여 ULR10, ULR20, ULW10 및 ULW20 연료로 1차 미립화가 이루어지는 장치이다.

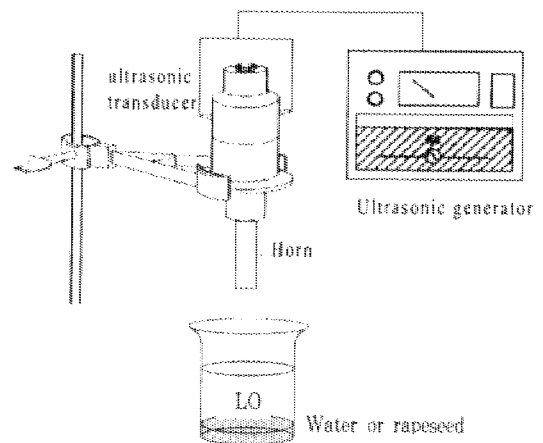


Fig. 2. Diagram of ultrasonic fuel mix system.

그리고 Fig. 3의 (a)는 경유와 유체유가 섞어진 연료에 초음파에너지가 추가된 ULR 연료이며, (b)는

경유와 물이 섞여진 연료에 초음파에너지가 부가된 ULW 연료를 나타내었다.

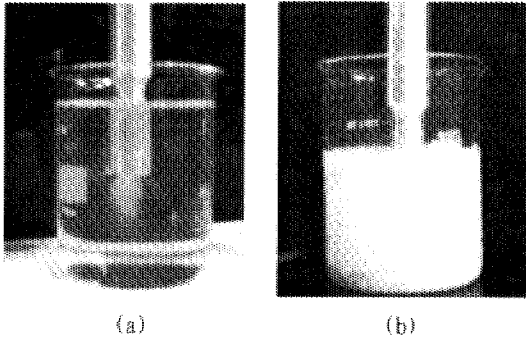


Fig. 3. Photograph of ultrasonic energy adding process to blend fuel.

### 2.1.2. 초음파 연료공급장치

초음파 연료공급장치는 보일러 연료공급라인의 전자펌프 바로 앞쪽에 설치하고, 점도저감 및 미립화를 위하여 2차로 초음파에너지를 부가하여 실험 연료를 보일러에 공급하는 장치로 구성도는 Fig. 4로 나타내었다.

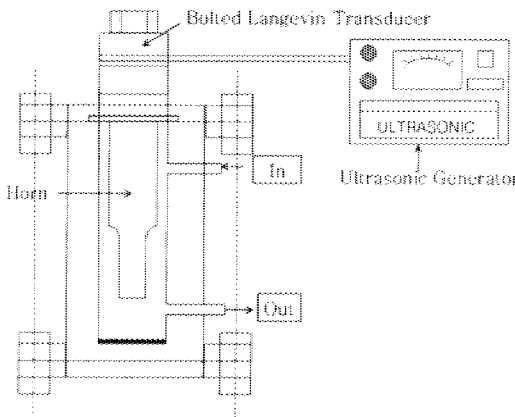


Fig. 4. Diagram of ultrasonic fuel feed system.

여기서 반사판은 초음파에너지 연료공급장치 내에서 정재파가 형성되어 공동현상이 극대화 될 수 있도록 하기 위하여 음향 임피던스가 충분히 큰 재료로서 유리판을 가공 제작하여 설치하였다.

## 2.2. 시험 보일러

본 연구의 시험용 보일러는 일반적으로 사용되고 있는 온수 및 난방용 가정용 기름 보일러로서, 구성 부분으로는 버너, 연소실, 저탕수 열교환기, 송풍기, 연료공급라인, 보일러 컨트롤러 등으로 구성되어 있으며, 주요 제원은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Specifications of test boiler

Items	Contents
Heating output	15,000 kcal/h
Power	220 /60 Hz
Usage	Heating & Hot-water
Waterstorage capacity	22 L
Heating size	0.79 m <sup>2</sup>
Electromagnetic pump	7.0 ~ 10 kgf/cm <sup>2</sup>
Fan pressure	20 mmH <sub>2</sub> O
Suction · exhaust type	Forced suction and exhaust
Flue diameter	Suction: 60mm. Exhaust: 75mm

## 2.3. 실험 연료의 분석

일반적으로 분사류는 동점도에 의해 영향을 많이 받으며 일정한 분사압력에서 동점도가 높을수록 분무 입경은 크게 된다. 따라서 초음파에너지의 부가에 의한 점도저하와 미립화의 효과를 알아보기 위하여 각 연료의 기본 물성치를 측정하고 Table 2로 나타내었다.

Table 2. Properties of experimental fuels

Item	Lower heating value (kcal/kg)	Kinematic viscosity (at 20°C, cSt)
LO	10.600	4.82
UL	10.600	3.84
Rapeseed oil	9.720	51.70
ULR10	10.510	4.57
ULR20	10.430	4.76
ULW10	10.410	4.77
ULW20	10.210	5.10

초음파에너지를 부가한 UL은 Table 2에서 보는 바와 같이 저위발열량의 변화는 없었으나, 점도가 20.3%

감소하였다.

고[9]는 유채유를 사용한 가정용 농형 디젤기관의 성능 향상에 관한 실험적 연구 논문을 통하여 경유의 대체 연료로서 유채유의 가능성을 제시하였다.

유채유는 저위발열량이 9.720 kcal/kg로 LO에 대비하여 92% 정도이고, 점도는 경유의 11배 정도 높으나 10% 정도의 산소를 함유하고 있다.

ULR10와 ULR20의 저위발열량은 LO에 대비하여 각각 99.1%와 98.4%에 해당되었고, 점도는 LO에 대비하여 각각 5.2%와 1.2% 감소하였다.

초음파에너지의 부가로 에멀전화된 ULW100와 ULW200의 발열량은 LO에 대비하여 각각 98.2%와 96.4%에 해당되었고, 점도는 LO에 대비하여 각각 1% 감소와 5.8% 증가로 나타났다.

## 2.4. 실험 방법

본 연구에서 실험용 연료인 LO, UL, ULR10, ULR20, ULW10 및 ULW20 연료를 시험 보일러에서 각각 운전하였으며, 당시의 흡기 온도는  $15 \pm 3^\circ\text{C}$ , 습도는  $60 \pm 5\%$ , 보일러의 공기비는 1.3에서 실시되었다.

본 실험은 항상 저탕수 온도  $15^\circ\text{C}$ 에서 저탕수를 22리터로 채우고 보일러가 작동되어  $80^\circ\text{C}$ 가 되면 Off제어가 되도록 설정하여 버너의 화염 상태 및 길이, 연소실온도, 온수 발생 온도, 온수발생시간, 연료소비량, 보일러효율, 배기가스온도, 배기가스성분, 매연 등을 5회 측정하고 평균하여 분석하였다.

연소 성능을 비교·분석하기 위하여 연료가 버너에서 분무되어 연소되는 화염 상태와 길이로 분석하였으며, 연료소비량은 5ml 단위의 매스실린더형 연료유량계로, 온수발생시간은 초단위로 측정·분석하였다.

그리고 저탕수 내에 설치된 K형 열전대와 열전온도계로 저탕수 평균 온도를 측정하였고, 연소실 내에 설치된 K형 열전대와 열전온도계로 연소실 평균 온도를 측정하였다.

또한 보일러 효율을 측정하기 위하여 저위발열량, 연료소비량, 온수발생량을 온수보일러의 보일러효율 계산식에 의하여 분석하였다.

배기가스의 오염 성분을 측정하고 분석하기 위하여 배기가스분석기(KM9106)로 배기관 시작단에 삽입된

프로브를 통하여 흡입한 배기가스의 CO, SO<sub>2</sub> 및 NO<sub>x</sub>를 ppm 단위로 측정하였으며, 매연측정기(YDST-301)로 프로브를 통하여 흡입한 배기가스의 매연을 0.1% 단위로 측정하였으며, 또한 K형 열전대와 열전온도계로 배기가스의 온도를 측정하였다.

## III. 실험 결과 및 고찰

### 3.1. 화염

버너를 통하여 분무 연소되는 연료의 화염의 색깔과 길이로 연소의 성능을 비교하였으며, 화염의 길이는 Fig. 5에 나타내었고, 일반적 형상은 Fig. 6에 나타내었다.

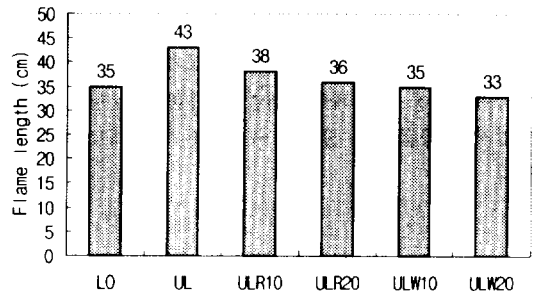


Fig. 5. Flame length from burner nozzle.

Fig. 5과 같이 UL는 LO에 대비하여 화염 길이가 22.8% 증가하였고, ULR10과 ULR20은 각각 8.5%와 2.8% 증가하였는데 이는 초음파 에너지 부가에 의한 연료의 점도 저하와 미립화로 노즐에서 분사 연소시에 강압비등효과가 생기고, 분무 운동량의 증가에 그 원인이 있는 것으로 판단되었다.

Fig. 6의 (a)에서 보면 UL의 화염 색깔은 내심은 옅은 푸른색이며 외심은 옅은 오렌지색으로 가장 안정된 연소상태를 보이고 있으며 분산성도 우수하였다.

반면에 ULR 연료는 Fig. 6의 (b)와 같이 외심에 주황색 화염이 다소 발생하는 경우가 있었는데 이는 유채유에 포함된 요오드 등의 불포화 지방산의 영향으로 추정되었다.

Fig. 6의 (d)와 같이 ULW10은 화염의 분포와 화

염 색깔은 LO와 거의 비슷하였고, ULW20의 화염 길이는 5.75% 감소하였다.

그러나 이 에멀전 연료는 분무 유적 중에 포함된 물 입자가 고열에 의해 급격한 증발현상을 일으켜 기름입자를 더욱 더 잘게 분산시켜 주는데, 재 미립화된 기름입자는 공기와의 접촉 면적이 증대하여 증발과 가스화가 빨라져서 미연소물의 완전 연소를 촉진하는 것이다.

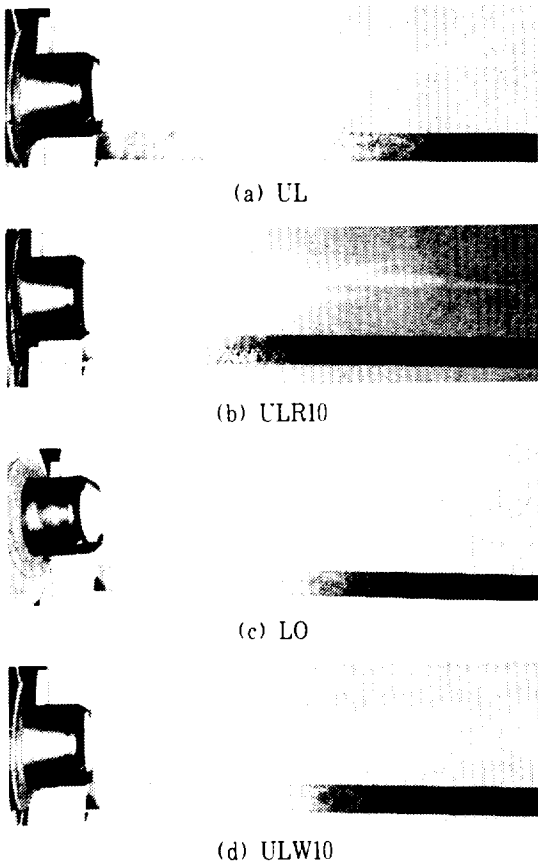


Fig. 6. Flame shape with each fuels.

### 3.2. 연소실 온도

Fig. 7은 연소실 온도의 평균값을 나타낸 것으로 UL은 LO에 대비하여 2.0% 증가하였는데, 이는 UL이 버너에서 분무 연료의 강압비등효과와 운동량의 증가 등으로 화염 전파와 복사 열전달의 상승에 의하여 연소

실 내에서 완전 연소가 이루어지는 것으로 판단된다.

ULR10은 0.84% 증가하였으며 ULR20은 0.21% 감소하였는데, 이는 ULR10과 ULR20의 분무 연료의 미립화와 유체유 자체에 포함된 10%의 산소는 기체 연료 중의 산소와 같이 유리되어 있진 않지만 연소실 내에서 연료와 물리·화학적 반응을 일으켜 열효율 향상으로 연소실 온도가 LO와 비슷하게 형성되었다.

ULW10과 ULW20은 LO에 대비하여 각각 1.05%와 2.85% 감소하였는데 이것은 발열량이 없는 기화된 물입자로 인하여 화염 중에 균일하게 확산 분포된 증발잠열의 흡열반응에 의한 연소실내의 온도가 감소하는 것으로 나타났다.

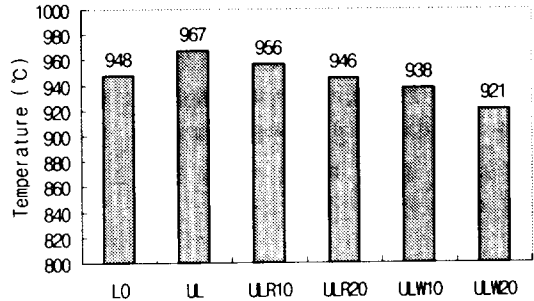


Fig. 7. temperature of combustion chamber.

### 3.3. 온수발생시간

Fig. 8은 22L의 저장수가 15°C에서 80°C가 될 때까지의 소요 시간을 초 단위로 측정된 것을 나타낸 것으로, LO에 대비하여 UL은 5.58%, ULR10은 2.94% 감소하였으며, ULW10과 ULW20은 각각 4.4%와 11.47%

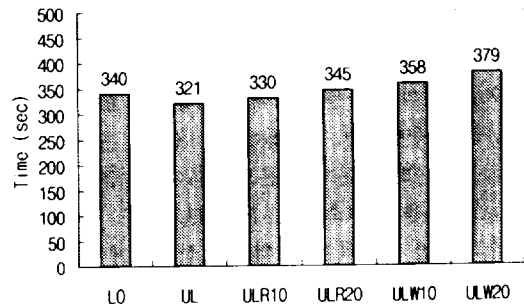


Fig. 8. Hot water generation time.

증가하였는데 이것은 버너의 화염의 상태나 연소실 온도에 따른 결과이다.

### 3.4. 연료소비량

Fig. 9는 22L 저탕수의 수온이 15°C에서 80°C가 될 때까지 공급된 실험용 연료의 연료소비량을 측정된 것으로 연소실온도 및 온수발생시간과 관계가 있었다. Fig. 17에서와 같이 UL은 연료소비량이 LO에 비해 5.55% 감소하였으며, ULR10은 LO에 대비하여 2.77% 감소하였으며, ULR20은 1.85% 증가하였고, ULW10과 ULW20은 각각 9.2%와 18.51% 증가하였다.

그러나 물을 제외한 실제적인 경우 소비량을 비교하면 ULW10은 2.31%, ULW20은 0.92% 오히려 LO 대비 감소함을 알 수 있었다. 이것은 ULW 연료가 연소실에서 기름 입자의 미세 폭발로 산소와 접촉 기회가 많아져서, 안정된 연소와 배기가스 중의 과잉 산소농도를 줄이기 때문에 에너지 절약 효과로 나타남을 알 수 있다.

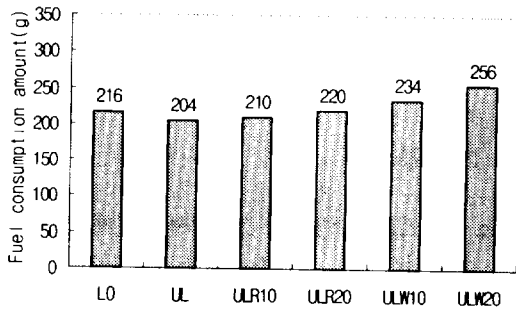


Fig. 9. Fuel consumption amount.

### 3.5. 보일러 효율

온수보일러의 성능을 나타내는 보일러의 효율은  $G_w$  (kg/h)를 온수발생량,  $C_p$ (kcal/kg·°C)는 온수의 비열,  $h_2$ (°C)를 발생 온수의 온도,  $h_1$ (°C)을 급수의 온도,  $G_f$ (kg/h)를 연료소비량,  $HI$ (kcal/kg)을 저위발열량이라고 하면 다음의 식에 의하여 산출할 수 있다.

$$\text{보일러 효율}(\%) = \frac{G_w \times C_p (h_2 - h_1)}{G_f \times HI} \times 100$$

Fig. 10의 보일러효율을 살펴보면 UL, ULR10 및 ULR20은 LO에 대비하여 각각 6.45%, 4.83% 및 1.61% 증가하였으며, ULW10은 LO에 대비하여 거의 같게 나타났으나 ULW20은 3.22% 감소하였다.

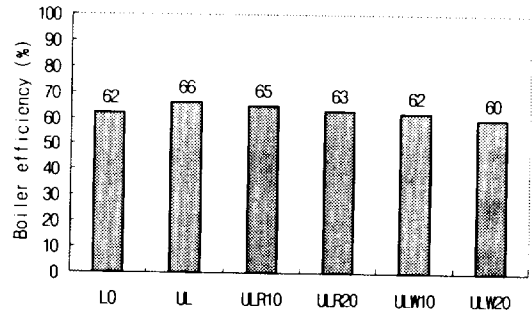


Fig. 10. Boiler efficiency.

### 3.6. NOx

보일러 연소시 NOx는 경유에 0.02~0.3% 포함된 피리핀과 키노닌 등의 질소화합물과 공기 중의 N<sub>2</sub>에 의하여 발생하며 NO가 대부분을 차지하였다.

Fig. 11은 NOx의 발생량을 나타낸 것으로, UL은 LO에 대비하여 5.17% 증가하였고, ULR10과 ULR20은 각각 1.72%, 3.44% 감소하였는데, 이는 공기와 연료 중에 포함된 질소 성분과 연소 상태 등의 복합 요소와 연소과정의 어느 부분에서 어느 정도 생성하는 것인지 해석하기 불가능하지만, 연소실 온도가 높게 되면 증대되는 것으로 추정된다.

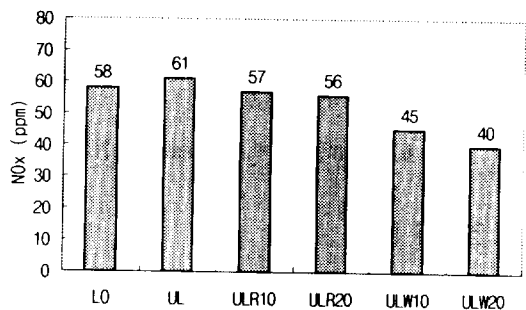


Fig. 11. NOx generation amount.

ULW10, ULW20은 LO에 대비하여 각각 22.4%와

31.03%로 격감하였는데 이는 연소실내의 온도가 감소하고 연료 중 질소 성분의 감소와 가스연소에 가깝게 연소하여 연소실 내에서 체류시간이 짧아져 NOx가 감소되는 것이다.

### 3.7. CO

Fig. 12는 CO 발생량을 나타낸 것으로 UL은 초음파에너지 부가에 의한 연료의 점도 저하와 미립화에 의한 완전연소에 가깝게 연소함으로써 LO에 대비하여 10.2% 감소한 것으로 나타났다.

ULR10과 ULR20은 LO에 대비하여 각각 13.25%와 18.67% 감소하였는데, 이것은 초음파 에너지 부가에 의한 연료의 점도 저하와 미립화와 유채유 포함된 산소성분이 연소 후반부까지 연소를 촉진하는 화학반응을 일으켜 연소 효율이 향상되는 것이다.

ULW10과 ULW20은 LO에 대비하여 각각 25.30%와 28.91% 감소하였는데 이것은 ULW 연료의 특성으로 증발연소와 가스연소에 가깝게 연소하여 잉여 공기와 같이 빠르게 배출로 이어지면서 CO가 격감하는 것으로 판단되었다.

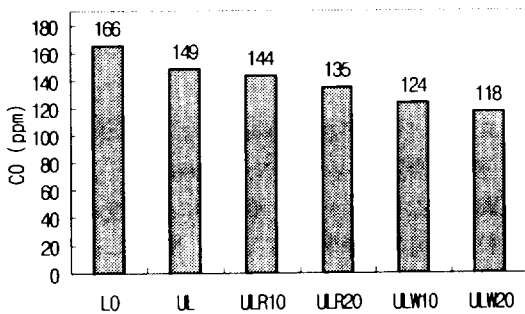


Fig. 12. CO generation amount.

### 3.8. SO<sub>2</sub>

Fig. 13은 SO<sub>2</sub>의 발생량을 나타낸 것으로, UL은 초음파에너지 부가에 의한 연료의 점도 저하와 미립화에 의한 완전연소에 가깝게 연소함으로써 LO에 대비하여 16.6% 감소한 것으로 나타났다.

ULR10과 ULR20은 유채유에 황 성분이 없고, 산

소의 공급에 도움을 주며, 지방산의 영향으로 회분 등의 성분의 생성이 적어 LO보다 33.3% 감소하여 배출되는 것으로 나타났다.

ULW10과 ULW20은 연소의 화염상태는 극히 안정된 상태로 연소하여, 가스연소에 가깝게 연소하여 이산화황의 발생을 억제하여 LO에 대비하여 각각 50%와 66.6% 격감된 것으로 나타났다.

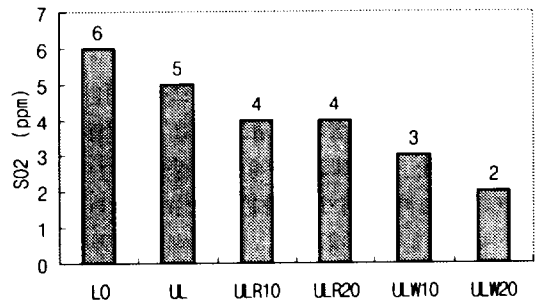


Fig. 13. SO<sub>2</sub> generation amount.

### 3.9. 배기가스 온도

Fig. 14는 배기가스의 평균 온도를 나타낸 것으로 연소실 온도가 상승함에 따라서 비율적으로 배기가스의 온도가 증가하는 것으로 나타났으며, UL과 ULR10은 LO에 대비하여 각각 2.58%, 1.93% 증가하였는데, ULR20에서는 0.64% 감소하였다.

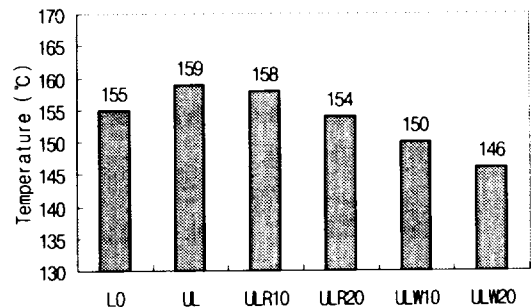


Fig. 14. Temperature of exhaust gas.

ULW10과 ULW20의 배기가스 온도는 LO에 대비하여 각각 3.22%와 5.80% 감소하여 배출되었는데, 이는 연소실의 가스가 증발연소로 가스연소와 가깝게

되면서 빠르게 배출된다.

배기가스의 매연 상태를 측정하였는데 모든 실험용 연료에서 0.1%이하로 나타났다. 다만, ULR 연료는 보일러를 장시간 운전하면 유채유가 가진 불포화 지방산 함량의 영향으로 연소실 벽면과 연도에 그을음 부착의 증가가 예상되었다.

#### IV. 결론

본 연구는 경유의 대체연료로서 초음파에너지를 부가한 경유 및 혼합연료의 점도 감소 및 미립화를 통하여 가정용 기름 보일러에서 유용성을 찾는데 있다.

연소 성능과 배기가스 성분의 비교를 위하여 보일러 시험은 일반 경유(UL), 초음파에너지 부가 경유(UL), 경유 90%와 유채유 10%에 초음파에너지 부가 연료(ULR10), 경유 80%와 유채유 20%에 초음파에너지 부가 연료(ULR20), 경유 90%와 물 10%에 초음파에너지 부가 연료(ULW10) 및 경유 80%와 물 20%에 초음파에너지 부가 에멀전 연료(ULW20) 등 6종류의 연료를 사용하여 보일러의 연소특성을 실험하였다. 본 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. UL은 버너에서 분무·연소될 때, 화염의 형상이 크고, 화염 길이가 가장 길게 나타났으며, 연소실 온도와 보일러효율이 경유에 대비하여 2.0%와 6.45% 증가하고, 연료소비량은 5.55% 감소하는 등 연소 성능에 있어서 가장 우수하였다. 배기가스의 성분에서도 CO와 SO<sub>2</sub>가 감소하였으나 NO<sub>x</sub>는 연소실 온도의 상승으로 5.17% 증가하였다.

2. ULR10과 ULR20의 사용시, 연소실 온도는 ULR10과 ULR20은 거의 LO와 비슷하게 나타났으며, 보일러 효율은 각각 4.83%와 1.61% 증가로 나타났다. 그리고 NO<sub>x</sub>, CO 및 SO<sub>2</sub>도 감소으며, 이로서 유채유를 경유의 대체 연료로 보일러에 사용하여도 시동상이나 운전상에 큰 문제점이 없는 것으로 확인되었다.

3. ULW10과 ULW20의 사용시, 연소실 온도와 보

일러 효율은 다소 감소하였으나 배기가스 성분 중에서 NO<sub>x</sub>, CO 및 SO<sub>2</sub>는 크게 감소하였다. 이것은 초음파에너지 부가에 의한 에멀전 효과와 미세폭발에 의한 가스연소로 연소 촉진 효과에 의한 것이다.

실용성에서 UL, ULR10, ULR20은 가정용 기름 보일러에서 시동상이나 운전시에도 연료 절감과 환경 친화적인 대체에너지로서 유용성이 있으며, ULW 연료는 일정한 연소열의 발생과 배기가스의 오염 성분 감소 등의 효과로 환경 친화적인 에너지로서 가치가 높아 소규모 온수용 보일러나 팬 히트에 적용하면 실용화의 가능성이 있다고 판단되었다.

경제성의 측면에서 초음파에너지 부가 장치의 일반화를 실현하고, 바이오 연료로서 유채유의 단점인 생산비용이 기존 화석연료에 비하여 3~4배 가량 높은 것을 지역 및 재생 가능 청정 에너지로서의 장점을 살려서 가격 경쟁력을 갖추면 그 경제적 파급 효과는 클 것으로 기대된다.

또한 에멀전 연료는 연료 분사량을 늘리는 구조적 개선을 시도하고 화석 연료의 환경정화에 소요되는 비용을 고려한다면 경제적 효과가 있을 것이다.

#### 참고 문헌

- 1) 오영택, "디젤기관의 대체연료로서의 식물유", 자동차공학회지, Vol.18, No.2, 1996.
- 2) 廣安轉之, "ディーゼル噴射弁に高粘度の液體微粒化", 日本機械學會紙, Vol.51, No.232, pp.56~67, 1985.
- 3) 박인석, 박병식, 홍재상, 표영덕, "가정용 보일러 초소형화 설계 기술 개발 연구", 한국에너지기술연구소, 2차 연도 연차 보고서, 1992.
- 4) 심규성, 김종원, 김혁주, 이상호, "보일러 최적연소 제어용 측정시스템 개발에 관한 최종보고서", 통상산업부, 에너지 절약 기술 사업보고서, 1997.
- 5) F. Prandl, "Turbulent Air Flow in the combustion bowl of a D.I diesel engine performance", SAE, Trans. Vol.79, 1990.
- 6) 윤면근, 최관호, 최장원, 류정인, "EFI기관에서 초



- 음파에너지 부가 연료의 무화 특성에 관한 연구”. 한국자동차공학회 추계학술논문집. 한국자동차공학회. 1994.
- 7) 류정인, 신현동, 설지호, 남승덕, “초음파 연료공급 장치를 사용한 디젤자동차의 주행성능에 관한 연구”. 한국자동차공학회 추계학술논문집. 한국자동차공학회. 1992.
- 8) 최두석, 윤면근, 류정인, “초음파 에너지 부가 디젤연료의 화학적, 물리적 특성에 관한 연구”. 한국자동차공학회논문집. Vol.4. No.3. pp.147 ~ 155. 1996.
- 9) 고장권, “대체연료로서 유채유를 사용한 소형 농형 디젤기관의 성능향상에 관한 실험적 연구”. 경상대학교 대학원 박사학위 논문. 1987.
- 11) 고태호, “가정용 기름 보일러의 공기비가 연소 성능에 미치는 영향에 관한 연구”. 조선대학교 산업대학원 공학석사학위논문. 1992.
- 12) 이은모, “가정용 기름보일러의 열 성능에 관한 연구”. 충남대학교 기계공학과대학원석사 학위논문. 1992.