

超音波에너지가 附加된 混合燃料를 이용한 機關의 性能에 관한 研究

권기린* · 부영진**

A Study on the Engine Performance using Blend Fuel Oil added Ultrasonic Energy

Ki-Rin Kwon* and Young-Jin Boo**

ABSTRACT

This is an experimental study on the possibility of using a blend oil by ultrasonic adding in diesel engines. It is compared to engine torque, the rate of fuel consumption, the thermal efficiency and ultrasonic adding effect for engine speed. The results are obtained as follows :

1. Of all the fuel oil, it is indicated that the maximum torque is at 2000rpm and the torque is rapidly decreased according to increasing engine speed. When engine speed is more than 2400rpm, it is found that blend oil is lower and the blend oil of ultrasonic supply is the same, in compared with the torque of light oil.
2. With the ultrasonic adding in fuel, the thermal efficiency is estimated average of 28.4% and maximum of 30.07% in light oil and average of 30.29% and maximum of 31.09% in blend oil. The result confirms that blended oil is better than light oil for the improved effect of thermal efficiency with ultrasonic adding.

From the above results, in order to apply blend oil to engine fuel, it will be desirable to apply the very high added effect of ultrasonic energy, and also, thoroughly investigate the rapid drop of torque and thermal efficiency and the phenomenon that the amount of fuel consumption increases at high engine speeds.

Key Words : Blend oil, Ultrasonic energy, Fuel consumption, Thermal efficiency

1. 서론

오늘날 전세계적으로 산업발전이 고속화됨에 따라

에너지 소비량이 증가로 인한 화석에너지의 의존한계성과 환경 문제가 대두되고 있다. 따라서, 세계 각국이 에너지 절감방법과 친환경적이고 화석에너지를 대체할 수 있는 새로운 에너지원의 개발에 적극 노력하고 있다.

새로운 에너지원으로 태양열, 조력, 파력, 풍력, 생물 에너지 등에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나, 태양열, 조력, 풍력 등은 이용에 대하여 많은 제약성이 따

* 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.

라 한계성을 보이고 있다. 생물에너지인 경우 간단한 공정처리를 통해 수송, 저장 및 이용에 많은 장점과 재생산이 가능하다는 이유 등으로 많은 연구자들이 관심이 되고 있다. 특히, 식물유는 청정 대체에너지원으로 간단한 공정을 통해 디젤기관에 직접적으로 적용이 가능하고 배출가스로 인한 공해 억제 효과를 얻을 수 있어 주목받고 있다. 식물유에 대한 기초 연구로 고 [1], 하[2] 등은 해바라기, 유채, 대두, 아자, 땅콩 등에 관한 생산성, 에너지성, 경제성에 대하여 조사 분석 연구를 통하여 연료로서의 가능성을 보였다. 또한, 내연기관의 연료로서 식물유의 이용가능성을 조사하기 위하여 일찍부터 많은 연구자들이 식물유의 휘발성, 저장성, 혼합성, 연소성 밀도, 점도 등을 규명하였다.

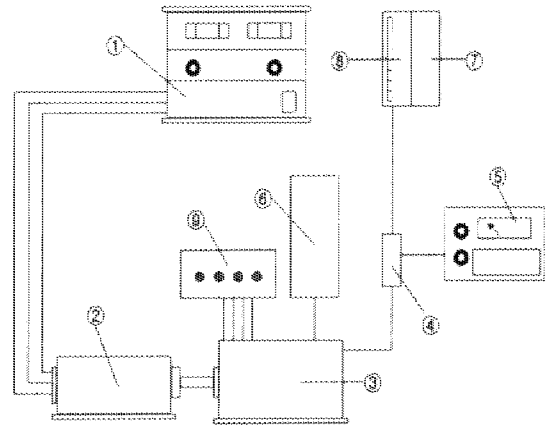
식물유의 경우 체적비 에너지 함량은 경유의 94% 정도이고 경유에 비해 점도가 11-17배로 고점성이며 저휘발성으로 인하여 분사시 무화상태 나쁘므로 인해 불완전 연소에 의한 연소실내에 많은 양의 연소생성물이 퇴적하게 하는 문제점 등이 발생한다. 반면, 식물유가 디젤유에 비하여 대기오염물질 배출이 극소하여 연료로서 장점을 가지고 있다. 식물유를 연료로써 다각적인 사용을 위해 고점성 및 저휘발성으로 인한 분사 및 연소 문제를 위한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

식물유 연료의 미립화 대한 기초연구를 살펴보면 연료의 예열 및 화학적 처리 등의 방법이 이용되고 있다[2]. 최근 들어, 식물유에 초음파 에너지 부가로 분사시 미립화가 개선된다는 보고가 있으며[3], 초음파에너지 부가에 따른 기관 성능에 관한 연구[4,5] 및 초음파 부가 장치의 개발 등의 많은 연구[6,7]가 이루어지고 있다[3,4]. 따라서, 본 연구는 디젤기관에 혼합유의 적용 가능성을 살펴보고 식물유가 갖는 문제점을 해결하는 방법으로 초음파에너지 부가에 따른 영향을 살펴보고자 한다.

II. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

본 실험에서는 경유 및 혼합유에서 초음파 부가에



- ① Main control console
- ② Eddy current dynamometer
- ③ Engine
- ④ Ultrasonic fuel supply device
- ⑤ Ultrasonic generator
- ⑥ Engine cooling water tank
- ⑦ Fuel Tank
- ⑧ Flowmeter
- ⑨ Temperature sensor panel

Fig. 1. Schematic diagram of the engine performance testing system.

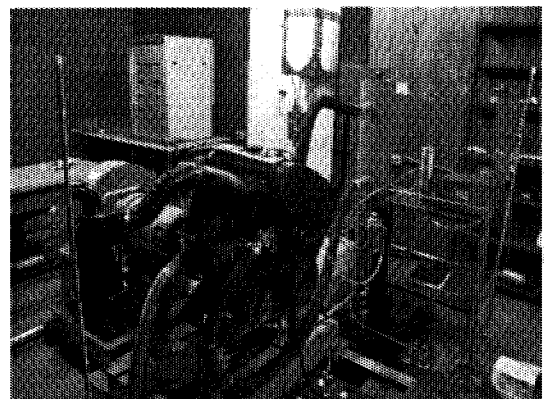
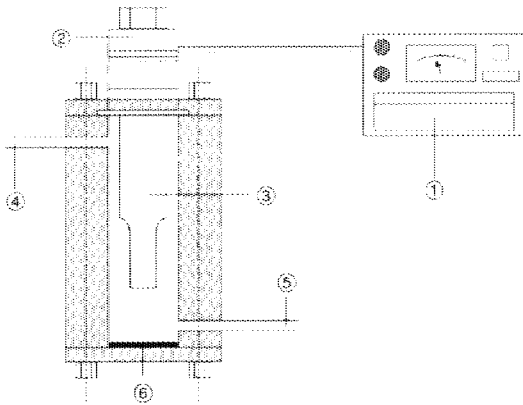


Photo. 1. Photograph of experimental apparatus.

따른 영향을 살펴보기 위하여 4기통 고속디젤엔진, 동력계, 초음파연료공급장치 등으로 구성하였다. Fig. 1과 Photo. 1은 실험장치의 개략도와 사진을 나타낸

것이며, Fig. 2와 Photo. 2는 초음파연료공급장치를 나타낸 것이다. 엔진은 H사의 직렬 4기통 엔진이며, 연소실은 와류실식으로 2500cc의 엔진이다.



- ① Ultrasonic generator
- ② Bolted Langevin transducer
- ③ Horn
- ④ Fuel inlet port
- ⑤ Fuel outlet port
- ⑥ Glass plate

Fig. 2. Diagram of ultrasonic fuel feeding system.

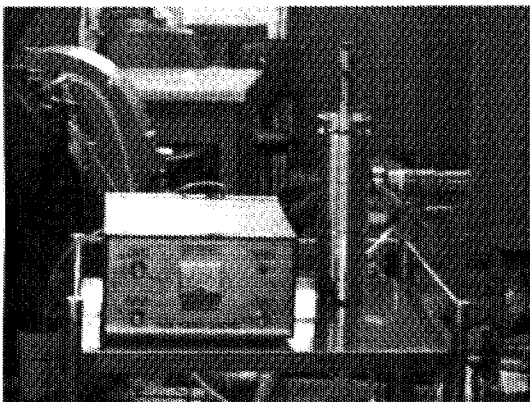


Photo. 2. Photograph of ultrasonic fuel feeding system.

동력계(DYTEK-130, Hwanwoong Mechatronics Co., Ltd)는 기본적으로 동력계를 제어하는 동력계 컨트롤러와 동력을 흡수하는 동력계 본체로 구성되어 있으며, 정회전속도제어, 정토크제어, 급구배특성, 정전류 특성제어 기능이 있다. 초음파연료공급장치는 공동현상을 극대화시킬 수 있도록 초음파의 주파수 및 진폭

등을 고려한 구조로 제작하였으며, 초음파 연료공급 장치에 사용된 진동자는 고온, 고압과 진동에 견디며 부착이 용이하고 내구성 등을 고려하여 28.5MHz의 진동특성을 갖는 볼트체결형을 선택하였다.

본 실험에서 사용한 연료는 유채유와 경유를 온도 20°C에서 용적비 50:50의 비율로 혼합한 혼합유를 사용하였다. 사용 연료의 특성을 살펴보면 비중은 순수 경유일 때 0.8350이고, 혼합유일 때가 0.8657이고, 발열량은 순수 경유일 때 10,600kcal/kg, 혼합유일 때는 9,720 kcal/kg으로 나타나 혼합유의 발열량은 순수 경유의 96% 정도이다. 이와 같이 연료유의 물리적 화학적 특성은 고[1]의 기초연구자료를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Properties of the blend oil

Blended ratio		Specific gravity at 20°C	Lower heating value (kcal/kg)	Viscosity at 30°C (Cst)
Light oil (%)	Rape seed oil (%)			
100	0	0.8350	10,600	3.53
90	10	0.8416	10,480	4.50
70	30	0.8480	10,310	7.91
50	50	0.8657	10,130	15.73
30	70	0.8867	9,970	29.42
10	90	0.9036	9,790	43.72
0	100	0.9190	9,720	50.81

2.2 실험방법

엔진의 성능시험방법은 일반적인 연료공급장치를 이용한 경우와 초음파 연료공급장치를 부착한 경우에 대하여 실험을 수행하였다. 인젝션 펌프 컨트롤러를 완전히 개도하여 엔진의 회전수를 제어하는 방식인 정속도 모드로 회전수 1400rpm에서 200rpm씩 증가하여 2400rpm까지 변화시킨 경우에 있어서 엔진성능시험을 수행하였다. 연료소비량 측정에는 뷰렛을 이용하여 200ml 연료가 소비하는데 걸린 시간을 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

본 실험에서는 경유 및 혼합유에서 초음파에너지

부가에 따른 영향을 살펴보기 위하여 경유(Light Oil : LO), 초음파 부가 경유(ULO), 혼합유(BO) 그리고 초음파 부가 혼합유(UBO), 4종의 연료유에 대하여 엔진 성능에 관한 실험을 수행하였다.

3.1 연료 소비량

Fig. 3은 기관 회전수(rpm)에 따른 시간당 연료소비량을 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보면 모든 연료유에서 회전수가 증가함에 따라 연료 소비량이 점점 증가하는 일반적 엔진의 특성을 보여주고 있다. 초음파 투과에 따른 연료소비량의 감소 효과를 살펴보면 경유의 경우 회전수에 따라 균일한 감소 효과를 얻을 있는데 비해 혼합유인 경우 회전수가 증가할수록 연료소비율의 감소효과가 커짐을 알 수 있다. 혼합유에서는 초음파 부가에 따른 연료 감소율은 평균 5.74%이고 최대값은 본 실험 영역의 최대 회전수인 2000rpm에서 8.76%의 값을 얻을 수 있었다. 따라서 경유보다 혼합유인 경우가 초음파 부가에 의한 효과가 크게 나타나고 있다.

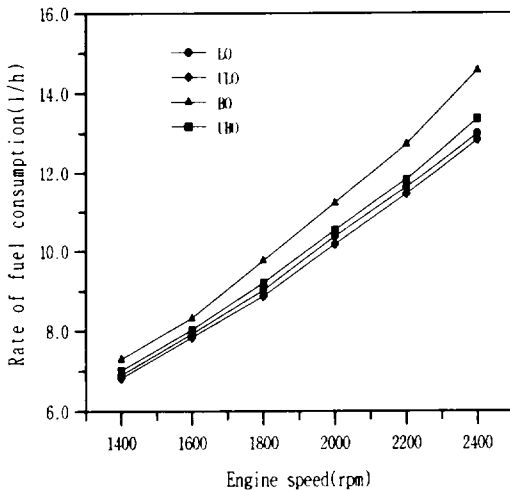


Fig. 3. Relationship between fuel consumption and engine speed.

3.2 토크 및 제동 마력

경유, 초음파 경유, 혼합유 및 초음파 부가 혼합유

에 대하여 회전수에 따른 토크의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 보면 또한 모든 연료유에서 최대 토크는 2000rpm에서 나타나고 있고 경유에 비해 다른 연료유가 보다 큰 토크 값을 가지고 있고 초음파 부가 혼합유인 경우가 가장 큰 토크 값을 보이고 있다. 혼합유 및 초음파 부가 혼합유인 경우 회전수에 따른 토크 변화를 살펴보면 낮은 회전수에서 경유에 비해 상당히 큰 토크가 나타나고, 2000rpm에서 최대 토크를 가진 후 회전수가 증가할수록 토크가 급격히 감소하여 2400rpm에 이르러 경유의 토크 값에 비하여 혼합유인 경우 낮은 토크를 나타내고 초음파 부가 혼합유인 경우 같은 토크를 보이고 있다.

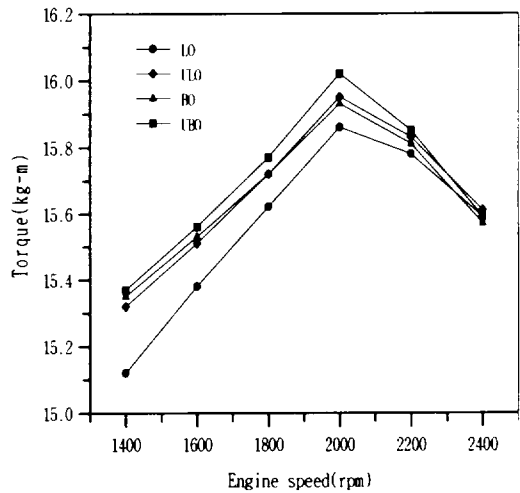


Fig. 4. Relationship between torque and engine speed.

3.3 제동 연료소비율

Fig. 5는 회전수에 따른 제동 연료소비율을 나타내고 있다. Fig. 5에서 보면 혼합유에 비해 경유가 제동 연료소비율이 비교적 적게 나타나고 있고, 전체적으로 낮은 회전수에서 회전수가 증가함에 따라 감소하다가 최소값에 이른 후 다시 회전수가 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향을 보이고 있다. 그리고, 경유에 비해 혼합유가 낮은 회전수에서 최소 제동 연료소비율이 나타나고 있는 특징을 보이고 있는데 혼합유가 경유보다 연소시간이 길어 회전수가 커질수록 불완전 연소가 증가하는 것으로 사료된다.

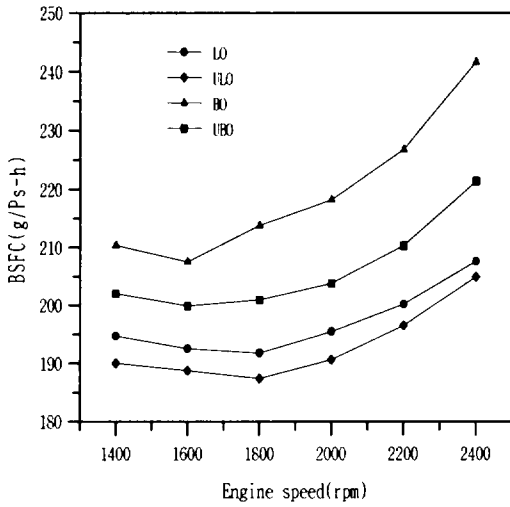


Fig. 5. Relationship between BSFC and engine speed.

초음파 부가에 따른 제동 연료소비율 감소는 경유는 평균 2.05%, 최대 2.48%이며, 혼합유는 평균 5.99%, 최대 8.37%로 혼합유인 경우가 초음파 부가의 효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

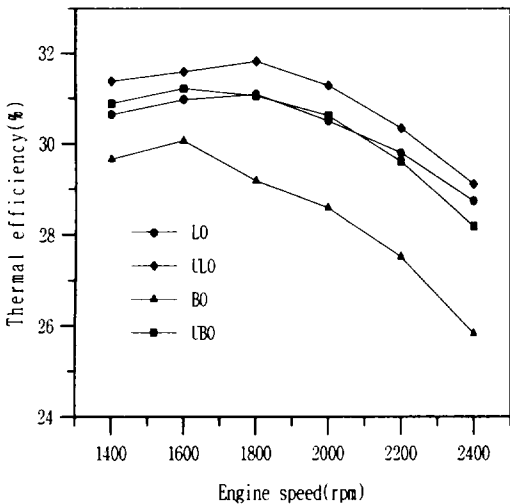


Fig. 6. Relationship between brake thermal efficiency and engine speed.

3.4. 제동 열효율

Fig. 6는 회전수 증가에 따른 열효율의 변화를 나

타내었다. Fig. 6에서 보면 혼합유는 열효율이 실험조건에서 평균 28.47% 최대 30.07%이고 경유는 평균 30.29%, 최대 31.09%로 측정되어 혼합유인 경우 경유에 비해 열효율이 매우 낮게 나타나고 있다. 또한, 혼합유나 초음파 부가 혼합유에서의 최대 열효율을 보이는 회전수는 1600rpm으로 경유나 초음파 부가 경유에서의 1800rpm에 비해 낮은 회전수에서 보이고 있다. 특히, 혼합유에서 최대 열효율이 나타나는 회전수 이후에는 회전수가 증가함에 따른 열효율의 감소 정도가 경유에 비해 매우 떨어지는 특징을 보이고 있다. 이는 혼합유가 경유에 비해 온도가 높고 연소 시간이 길어짐에 따라 높은 회전수에서 완전 연소를 위한 충분한 연소 시간이 없어 불완전 연소가 크게 증가하기 때문으로 사료된다.

본 실험 조건에서 초음파 부가 혼합유의 경우 평균 30.26% 최대 31.21%이고 혼합유의 경우 평균 28.47% 최대 30.07%로 초음파 부가에 의한 열효율 개선 효과는 경유에 비해 혼합유인 경우가 크게 나타나고 있다.

IV. 결론

본 연구는 초음파 에너지를 부가한 디젤·유체 혼합유가 디젤엔진의 대체연료용의 사용가능성을 살펴보고자 실험하여 엔진토크 및 제동 연료소비율, 제동 열효율을 비교 분석하여 보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 모든 연료유에서 최대 토크는 2000rpm에서 나타나고 있으며, 회전수가 증가할수록 토크가 급격히 감소하여 2400rpm에 이르러 경유의 토크 값에 비하여 혼합유의 경우 낮은 토크를 나타내고 초음파 부가 혼합유의 경우 같은 토크 값을 보이고 있다.
- 2) 초음파 부가에 따른 제동연소율 감소는 경유는 평균 2.05%, 최대 2.48%이며 혼합유는 평균 5.99%, 최대 8.37%로 혼합유인 경우가 초음파 부가의 효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 초음파 부가에 따른 제동 연료 감소 효과는 회전수가 증가할수록 증가하는 경향을 보이고 있다.

3) 제동열효율은 초음파 부가 혼합유의 경우 평균 30.26%, 최대 31.21%이고 경유의 경우 평균 28.47% 최대 30.07%로 초음파 부가에 의한 열효율 개선 효과는 경유에 비해 혼합유인 경우가 크게 나타나고 있다.

위 결과로부터 혼합유를 기관의 연료로 적용하기 위해서는 초음파 에너지의 부가 효과가 매우 크므로 이를 적용하는 것이 바람직하고 혼합유가 갖는 높은 회전수에서의 토크 및 열효율의 급격한 감소와 연료 소비량이 증가하는 현상에 대한 충분한 연구가 요구되어 진다.

참고문헌

- 1) 고장권, 1987, "대체연료로서 유체유를 사용한 소형농용 디젤기관의 성능향상에 관한 실험적 연구", 경상대학교, 박사학위논문.
- 2) 하창욱, 1984, "피마자유의 디젤기관 연료로서의 이용 가능성에 관한 연구", 경상대학교, 석사학위논문.
- 3) J. V. Droughton, 1984, "The effect of ultrasonic mixing of fuel and air on the performance of an internal combustion engine", SAE 840238.
- 4) 류정인 외, 1994, "초음파 연료공급장치용 디젤자동차의 성능 향상에 관한 연구", 한국자동차학회 논문집, 제2권 제1호, pp.1-8.
- 5) 최두석, 1996, "초음파에너지부가 디젤유의 분무특성과 기관특성에 관한 연구", 충남대학교, 박사학위논문.
- 6) 조성철 외, 1997, "디젤자동차의 저공해형 연료공급장치 개발", 한국액체미립학회지, 제2권 제3호, pp.8-16.
- 7) 정명진, 1991, "초음파진동을 이용한 디젤기관의 성능에 관한 연구 자동차공학회지", 제3권 6호, pp.65-71.