

디젤기관의 대체연료 이용에 관한 연구 II (시동성 및 내구성 문제)

A Study on Alternative Fuel as Fuel Substitutes in Diesel Engine(II)
(Startability and Durability)

吳 永 澤*, 丁 奎 祚**, 村 山 正***
Oh Y. T., Cheong K.J., Murayma Tadashi

ABSTRACT

In a previous report, the properties of vegetable oils as diesel fuel substitutes were investigated and the basic load performance of a diesel engine was examined using vegetable oil. The results show that despite of the long term chain hydrocarbon structure and large droplet size due to high viscosity, vegetable oils have good basic performance and exhaust emissions, however they cause serious problems as carbon deposit buildup, they have poor durability, and also poor thermal efficiency.

In this paper, the startability and engine durability with long term operation was tested by physical methods for reducing viscosity when vegetable oil was used as compared against diesel fuel.

The results obtained in this investigation may be stated as follows;

- (1) There is no problem in startability when vegetable oil was used as diesel fuel substitutes as far as fuel temperature is higher than 30°C.
- (2) The carbon deposits were most extensive at lower loads and lower engine speeds, and deposit buildup more heavily on the cooler parts of the combustion chamber wall.
- (3) Blends with 25% diesel fuel and 20v.% ethanol are effective in reducing the carbon deposit buildups.
- (4) Significant improvement in carbon deposit and piston ring stick can be obtained by heating fuel (200°C).

抄 錄

前報에서 식물유가 디젤기관의 연료로서의 성질을 조사하였고, 또 실제기관의 연료로 사용하였을 경우, 기관의 출력성능 및 배기가스농도 등이 기존연료인 경유에 비하여 우수함에도 불구하고 식물유 특유의 높은 점도때문에 생성되는 카본의 퇴적 문제대

* 전북대학교 공과대학 기계공학과

** 군산수산전문대학 기관과

*** 日本 北海道大學

문에 장시간 운전할 수 없다는 것이 큰 단점으로 지적되었다.

따라서, 본 연구는 저온시동성, 카본의 생성조건의 파악 및 기관의 내구성 등의 문제 점을 찾아내고, 해결책으로 점도를 저감시키기 위한 물리적인 처리방법을 중심으로 기술한 것이다.

1. 序 論

第1報에서는 유채유와 팜유가 디젤기관의 연료로서의 모든 성질을 조사하였고, 또 실제 기관의 연료로 사용하였을 경우 기관의 출력 성능 및 배기가스농도 등에 대하여 조사하여 보았다. 그 결과 이들 연료가 기존 경유에 비하여 우수한 기관성능을 가지고 있음에도 불구하고, 식물유 특유의 높은 점도와 낮은 기화성 때문에 카본 퇴적물이나 피스톤 링의 고착 등 때문에 기관을 장시간 운전할 수 없다는 커다란 문제에 부딪혔다.

따라서 본 연구에서는 이와같은 연료를 사용하였을 경우 발생하는 각종 문제점(저온시동성, 카본의 생성조건 및 기관의 내구성)을 발굴하여, 그 해결책으로 물리적인 처리방법을 중심으로 기술하고자 하며, 화학적인 방법은 제3호에 상술하기로 한다.

2. 실험장치 및 방법

실험에서 사용한 기관은 第1報¹⁾와 동일한 기관이며, 동력계로 기관을 제어할 수 있도록 하였다.

2.1 저온 시동실험

동력계로 기관의 회전수를 조절하였으며, 윤활유의 온도 및 냉각수 온도를 측정하여 기관의 온도로 하였다. 따라서 실험기간중 윤활유와 냉각수는 보조장치에 의해 기관을 계속 순환하도록 하였으며, 기관의 온도는 20℃에서 100℃까지 변화할 수 있도록 윤활유 및 냉각수탱크에 온도계와 가열기를 설치하였다. 시동실험은 동력계로 기관을 300 rpm으로 운전시킨후 연료를 공급하여 10회전이내에 시동이 가능하지를 조사했으며, 시동되지 않았을 경

우는 이 실험을 3~5회 반복하였다. 또 일단 시동된 기관은 3시간 이상 충분히 방치하여, 기관온도가 실험온도와 일치할 수 있도록 하였다.

2.2 카본의 부착상태 및 내구성 실험

카본의 부착상태의 실험은 동력계를 조절하여 부하와 기관 회전수를 변화시켜가며 실험하였으며, 내구성 실험은 카본이 생성되기 쉬운 조건에서 기관을 일정시간 연속 운전시켜, 각 순간순간의 열소비율과 운전후 기관을 분해하여 노즐 선단부에 부착된 카본의 상태와 흡·배기밸브 주변, 실린더 라이나 주변의 카본부착상태 등을 비교, 검토하였다.

연료가열장치는 연료탱크에 리본히터를, 고압 분사관에 절연된 전기히터를 감아 전압조정기로 연료를 임의의 온도까지 가열할 수 있도록 하여, 설정온도에서 $\pm 1^\circ\text{C}$ 정도까지 제어할 수 있도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시동성

Fig. 1은 시동시험의 결과를 표시한 것으로 식물유를 사용하였을 경우 기관의 온도가 20℃이하에서는 시동이 곤란하였으나, 연료의 유동성이 확보되는 30℃이상에서는 경유나 식물유의 시동성은 거의 차이가 없었다. 제1보의 Table 2에서도 알 수 있는바와 같이 식물유의 세탄가는 35~50정도이므로 보통 디젤기관용 연료의 세탄가가 45~55인 것에 비하면 약간 낮지만, 경유의 최저 세탄가 40에²⁾ 비교하여 생각하면 기관의 시동성은 연료의 유동성이 확보되는 30℃이상에서는 별로 큰 문제가 되지 않는 것으로 생각된다. 또한, 식물유중에는 10%정도의 산소가 포함되어 있으

므로 연소에 필요한 공기량이 적어도 되며 혼합기 형성에 도움이 되는 것으로 생각된다.

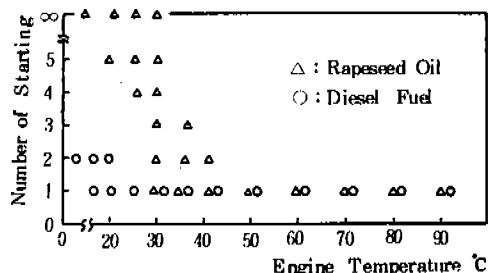


Fig. 1 Result of Starting Test

3.2 카본의 부착 및 내구성

3.1에서 언급한 바와 같이 시동성의 문제는 어느 온도 이상에서는 별다른 문제가 없었으나, 그 이외에도 연료의 점도 상승에 따른 분사압력의 증가, 분사노즐에서 니들밸브가 빨리 열려 늦게 닫힘으로 분사기간의 증가 등을 들 수 있다.³⁾ 더구나, 噴霧粒徑의 증가 또는 霧化의 악화 등에 따라 기화성이 저하하기 때문에 운전시간의 증가에 따라서 연소실에 카본이 점점 퇴적하여 노즐 선단부의 카본부착이나 피스톤 링의 고착 현상이 발생하므로 링의 기능이 현저하게 저하하여, 블로바이 가스의 증가, 그것에 따라 윤활유의 노화, 더 나아가서는 열효율의 악화 및 기관의 과열 등을 유발시켜 최종적으로는 기관의 운전이 불가능하게 됨을 확인하였다. 또, 카본 퇴적물의 부착은 과부하, 고속도 또는 저부하, 저속도 특히 공회전때에 큰 문제로 됨을 확인하였다. 즉, 연소실내 고온부분보다도 저온부분에서 또 고회전보다도 저회전의 경우 즉, 연소실의 벽면 온도가 낮은 곳에서 카본의 부착이 현저함을 알 수 있었다. 그 일례를 Fig. 2에 표시하였다.

그림에서 알 수 있는바와 같이 냉각수가 흐르고 있는 지압계 및 실린더 라이나 주변(a), 노즐이 부착된부분(b), 또 배기밸브(d)보다도 흡기밸브(c)의 부분이 카본의 부착이 현저함을 알 수 있다.

한편, Fig. 3은 식물유만을 연료로 하여 기관을 100시간 운전하였을때 발생한 피스톤링

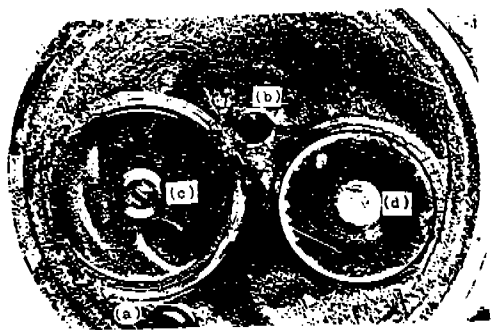


Fig. 2 Comparison of the Carbon Deposit



Fig. 3 A Scratched Piston and a Sticked Top Ring after 100 Hours Operation with Rapeseed Oil

의 고착상태 (a)와 기관의 소결상태 (b)를 표시한 것이다. 이상과 같이 카본의 퇴적 또는 피스톤 링의 고착은 기관을 장시간 운전하기 위하여는 반드시 해결하지 않으면 안되는 큰 문제이다. 이와같은 문제는 식물유를 사용하는 경우뿐만이 아니고 B중유 등을 사용하는 대형선박용 엔진 등에서도 해결하지 않으면 안되는 중대한 문제이다.

이 같은 문제는 앞서서도 언급한 바와같이 연료의 높은 점도 때문으로 생각하여 연료의 점도를 저감시키는 방법으로 원래 점도가 낮

은 연료와 혼합하는 방법과 연료를 가열하는 방법 등을 이용하여 보았다.

우선, 유채유와 유채유에 경유 25v-%을 혼합한 연료 및 경유를 이용하여 기관을 장시간 운전하여 보았다. 즉, 회전속도 1400rpm, 정미평균유효압력 0.1 MPa의 조건에서 기관을 연속하여 10시간 운전하였을 때에 노즐팁 선단부에 부착된 카본 퇴적물의 상태 또는 카본 퇴적물의 영향으로 생각되어지는 열소비율의 변화 등에 대하여 조사하여 보았다.

Fig. 4는 유채유와 유채유에 경유 25v-%을 혼합한 연료를 가지고 기관을 운전하였을 때의 열소비율을 비교한 결과의 일례이다. 그림에서 세로축은 상대 열소비율, 가로축은 운전시간으로, 운전을 시작했을 때의 열소비율을 기준으로 하였다.

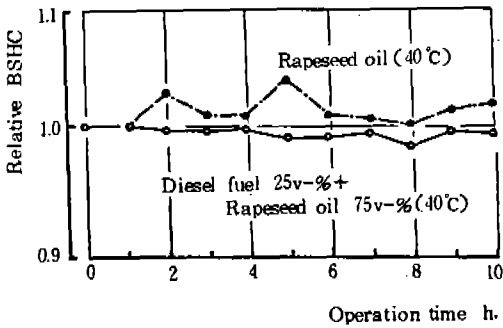


Fig. 4 Relative BSFC Change in Long Term Operation (1400 rpm, 0.1 MPa)

그림에서 유채유의 열소비율은 운전시간이 경과함에 따라서 그 변동이 격심하게 될과 동시에 악화되는 경향을 보이는데 비하여, 경유를 혼합한 연료의 경우는 운전기간중에 열소비율의 변화는 비교적 적고, 저하하는 경향마저 보인다. 이 경우 열소비율의 변동 및 악화는 노즐팁 선단부에서 카본 퇴적물의 생성, 탈락에 기인하는 것으로 생각된다.

한편 Fig. 5는 Fig. 4의 실험이 끝난 후에 관찰되어진 노즐팁 선단부에서 카본 퇴적물의 상태를 표시한 것이나, 비교하기 위하여 경유의 경우에 대하여도 병기하였다. 그림에서 유채유에 비교하여 경유와의 혼합연료에서는 카본 퇴적물이 상당히 감소하고 있음을 알 수

있었으며, 그외에도 피스톤 링의 고착상태도 개선되어졌음을 확인하였다. 한편, 에타놀을 20v-% 혼합한 연료를 사용한 경우에도 경유를 혼합한 경우와의 차이는 거의 없었다.

다음은 연료가열에 의한 연료온도의 상승이 카본 퇴적물에 대하여 미치는 영향을 조사하여 보았다.

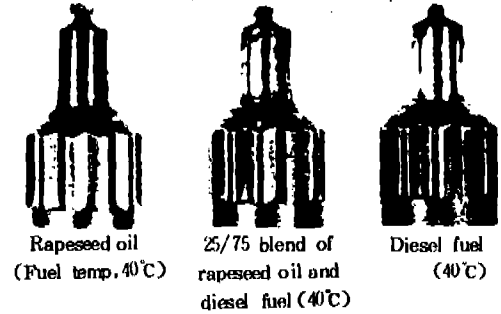


Fig. 5 Carbon Deposit Build-Up on the Nozzle Tip after 10 Hours Operation

Fig. 6은 유채유를 200°C까지 가열하여 기관을 10시간 운전한 경우의 열소비율의 변화를 표시한 것으로 비교하기 위하여 상온의 유채유의 것도 병기하였다.

그림에서와 같이 상온에서의 유채유의 경우는 운전시간의 경과에 따라서 열소비율의 변동이 현저함과 동시에 악화되는 경향이 있으나, 고온의 유채유의 경우는 그 변동이 적으며, 저하하는 경향마저 보인다.

또 Fig. 7은 Fig. 6의 실험후 노즐 선단부에 형성되어진 카본 퇴적물의 상태를 표시한

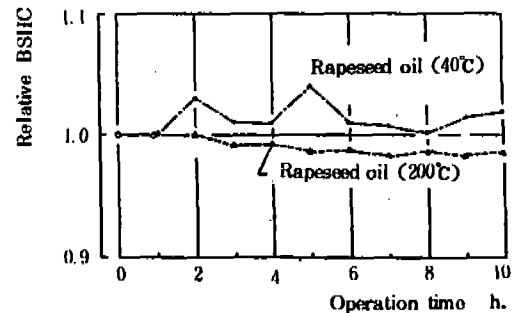


Fig. 6 Relative BSFC Change in Long Term Operation (1400 rpm, 0.1 MPa)

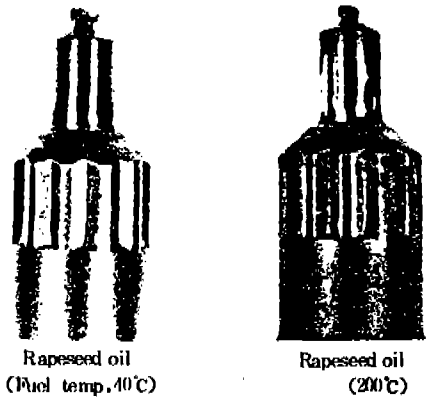


Fig. 7 Carbon Deposit Build-Up on the Nozzle Tip after 10 Hours Operation

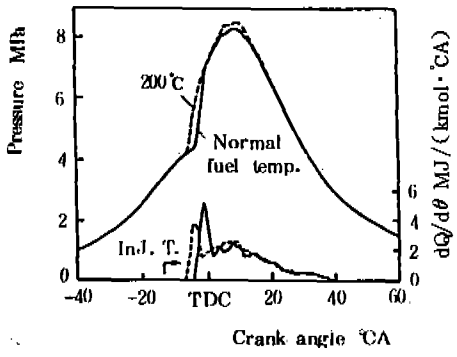


Fig. 8 Indicator Diagrams and the Rate of Heat Release for 200°C Fuel Temperature and 40°C Fuel Temperature

일례이다. 그림에서 상온의 경우에 비하여 연료를 가열한 경우가 카본 퇴적물이 상당히 감소되고 있음을 분명히 알 수 있으며, 피스톤 링의 고착상태도 개선되어졌음을 확인하였다. Fig. 6에서 연료가열에 따라 열소비율이 개선된 원인에 대하여 조사하기 위하여 지압선도 및 열발생율을 비교 검토하여 보았다.

Fig. 8은 연료온도가 다른 경우의 지압선도와 열발생율을 비교한 것으로, 연료를 200°C 까지 가열한 경우가 상온의 경우보다 착화지연기간이 단축되어 예혼합연소량이 현저하게 감소되었음에도 불구하고 연소 종료시기는 거의 변하지 않았다.

착화지연기간의 단축은 연료온도의 상승에

따라서 연소실내의 온도상승과 연료의 기화촉진이 크게 영향을 미친 것으로 생각된다.

다음은 이들 원인을 찾기 위하여 연료를 가열하였을 경우 噴霧粒子的 크기 및 분포 상태에 대하여 조사하여 보았다.

Fig. 9는 유체유의 경우 연료온도 40°C의 경우와 200°C의 경우를 비교한 분무입자의 크기를 표시한 것으로 연료온도 상승에 따라 분무입자가 현저하게 미세화됨을 알 수 있다. 또 Fig. 10은 Fig. 9의 분무평균입경의 빈도분포를 표시한 것이다. 여기서 분무입경은 입자의 평균치이다.

그림에서와 같이 연료를 가열함에 따라 분무입자의 평균직경이 현저하게 감소함과 동시에 그 직경의 빈도가 증가함을 확실하게 알 수 있다. 따라서 연료가열에 의한 카본 퇴적물이나 링의 고착의 개선은 점도 저하에 따라 분무입자의 미세화, 기화성의 양호 및 착화지연기간의 단축에 의해 연소분위기가 양호하게 됨에 따라 이루어진 것으로 생각할 수 있다.

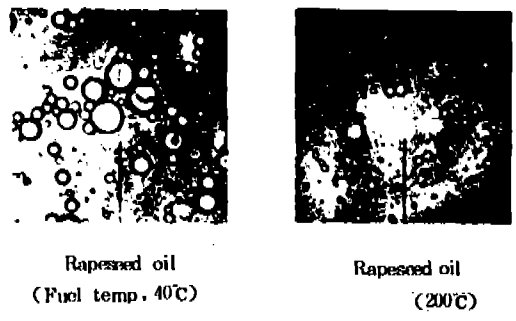


Fig. 9 Droplet Size for Normal Fuel Temperature and 200°C Fuel Temperature

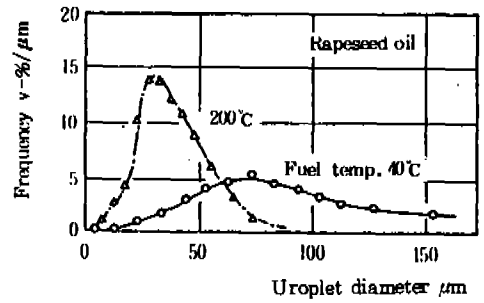


Fig. 10 Droplet Diameter Distribution Curves

4. 結 論

본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 식물유를 사용할 경우 시동성의 문제는 연료의 유동성이 확보되는 30 °C 이상에서는 별다른 문제점이 없다.

(2) 카본 퇴적물은 연소실의 온도가 비교적 낮은 조건에서 현저하게 생성된다.

(3) 유채유에 25% 정도의 경유 또 에타놀을 혼합함으로써 열소비율 및 배기매연농도를 약화시키지 않고 카본 퇴적물을 감소시킬 수 있다.

(4) 연료온도를 200 °C 정도까지 가열함으로써 카본 퇴적물의 개선은 현저하였다.

後 記

본 연구는 한국과학재단 1987 ~ 1988 년도 연구비에 의해 수행한 것으로 관계제위께 심심한 사의를 표한다.

參 考 文 獻

1. 吳永澤, 丁奎祚, 村山 正, “디젤기관의 대체연료 이용에 관한 연구 I, 한국자동차공

학회 제 10 권 제 5 호, p.61, 1988.

2. Ryan T.W. III, L.C. Dodge and T.J. Callahan, “The Effect of Vegetable Oil Properties on Injection and Combustion in Two Differential Diesel Engines”, JAOCS, Vol.61, No.10, p.1610, 1984.

3. R.A. Baranescu and J.J. Lusco, “Performance, Durability and Low Temperature Evaluation of Sunflower Oil as a Diesel Fuel Extender”, ASAE, Proceeding of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, p.312, 1982.

4. N. Yamazaki, N. Miyamoto and T. Murayama, “The Effects of Flash Boiling Fuel Injection on Spray Characteristics, Combustion, and Engine Performance in DI and IDI Diesel Engines”, SAE Paper 850071, 1985.

5. G.J. Walsh and W.K. Cheng, “Effects of Highly-Heated Fuel on Diesel Combustion”, SAE Paper 850088, 1985.

6. 山崎 信行, 宮本 登, 村山 登, “燃料の加熱ガディーゼル機關の噴霧特性と性能に對して及ぼす影響”, 日本機械學會論文集 第 49 卷 第 444 號 B 編, 1983.