

디젤燃料로서 混合油를 사용할 경우의 小型디젤 機關 性能에 관한 研究

고 장 권* · 고 태 규**

A study on performance of small diesel engine using blend oil as diesel fuel

Jang-Gwon Koh* and Tae-Gyu Koh**

ABSTRACT

This Paper is concerned with the usability of the blend oil(diesel oil:rape-seed oil=50 : 50, capacity rate) as a fuel oil to reduce the usage of petroleum. Physical and chemical properties of blend oil as fuel oil are studied and analyzed experimentally. Engine performance from 900rpm to 1,900rpm is tested by operating small diesel engine(Ricardo E.6 engine) injected blend oil and also the effects on the engine performance are investigated.

The experimental results are summarized as follows :

1. The lower heating value of blend oil is 10,130kcal/kg and flash point is 92℃. The values are different from diesel oil by 4.4% and 6.6%, respectively.
2. The viscosity of blend oil is 15.73 cSt. This value is 4.5 times larger than the value of diesel oil viscosity, but is 3.2 times smaller than the value of rape-seed oil viscosity.
3. P- θ diagram shows that the maximum explosion pressure of blend is 2~4kg/cm² higher than that of diesel oil.
4. Brake horse power, specific fuel consumption and exhaust temperature of blend oil are 7.5%, 3.5% and 3.9% higher than those of diesel oil, respectively. The brake thermal efficiency and noise are all most the same level compare to diesel oil.
5. Torque of blend oil is about 3.4% lower than that of diesel oil.

Key words : Blend oil, Small diesel engine, P- θ diagram, Engine performance, Brake thermal efficiency

* 제주대학교 기계공학과
Dept. of Mechanical Eng., Cheju Nat'l Univ.

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

1. 서 론

內燃機關의 燃料로서 植物油의 利用可能性을

조사하기 위하여 일찍부터 많은 研究者들이 식물유의 物理的·化學的 性質을 調査해 왔으며 (1~5), 주로 水分, 炭分 등 自體의 成分과 더불어 揮發性, 貯藏性, 混合性, 燃燒性(發熱量, 引火點 등), 密度, 粘度 등이 究明되었다. 대부분의 植物性的 體積比 에너지 含量은 輕油의 94% 程度이며, 比重은 거의 같아서 輕油보다 7~9% 무거우나, 粘度가 11~17倍로 높아 高粘度가 噴射裝置의 噴霧 패턴에 問題를 惹起하며 機關堆積物이 發生하는 主原因이 하나라고 指摘하고 있다. 植物油의 지방산 含量은 機關의 炭素 堆積을 減少시키는데 중요한 要因이 되며, 불포화성이 낮은 편이 霧化가 좋아져 燃料로서 바람직하다고 한다.

Ziejewski 와 Kaufman⁽⁶⁾ 등은 해바라기油和 輕油를 25:75로 混合하여 전형적인 直接噴射式 모델인 디젤기관으로 機關綜合性能 實驗을 행하였던 바, 短期運轉에서는 상당한 效果를 얻을 수 있는 반면 長期運轉에서는 噴射 노즐의 性能 低下, 실린더內的 炭素蓄積 및 피스톤링의 固着 등으로 인한 機關故障을 초래할 우려가 있다는 結論을 얻었다. 또한 Perterson 과 Auld, Korus⁽⁷⁾ 등은 유채유의 物理的·化學的 成分 調査를 통하여 長期運轉에 따른 炭素 堆積 등의 問題點을 해결하기 위한 溫度와 粘性과의 基礎研究 및 유채유로 直接噴射式 機關 및 間接噴射式 機關을 사용하여 實驗을 행한 결과 噴射 性能 분사노즐을 가진 豫然燒室式 디젤기관이 直接噴射式의 경우보다 여러 機關性能面에서 우수하다는 結論을 얻었다.

植物油는 일반적으로 高粘度, 혹은 低揮發性 特性을 지니므로 인하여 그 자체만으로는 機關運轉상의 重大한 要因인 噴霧特性 및 燃燒特性, 그리고 機關性能을 저하시킬 수 있는 우려가 충분히 존재하므로 현 단계에서 생각 할 수 있는 식물유의 각종 이용수단 즉, 燃料溫度의 가열, 에스테르化, 輕油, 혹은 에탄올과의 混合등이 각종 機關性能에 效果를 거둘 수 있으리라고 思料된다.

本 研究에서는 油菜油와 輕油를 일정 비율로

혼합한 混合油의 物理的·化學的 特性을 調査分析하여 유채유 50%의 혼합유가 小型 디젤기관 燃料油로서의 타당성 여부를 검증하고, 油菜油로 일정 時間동안 內燃機關 綜合性能 試驗裝置인 供試機關의 연소실에 피에조 압력센서를 설치, 운전함으로써 P-θ 線圖를 촬영하여 混合油의 일련의 燃燒過程을 밝히고, 輕油를 사용한 일반적인 燃燒過程과의 比較를 통하여 混合油의 異狀燃燒 有無 및 運轉特性 등을 조사한다.

그리고 이와 함께 각종 실험장치를 이용하여 기관성능에 미치는 영향 즉, 制動馬力, 토오크, 燃料消費率, 排氣溫度, 騒音, 熱效率 등 諸 特性을 機關回轉數別로 파악, 輕油 사용시와 비교 분석함으로써, 燃料油로서의 實質的 妥當性 與否를 綜合的으로 檢證하고자 한다.

II. 實驗裝置 및 方法

2.1 實驗裝置

本 實驗에 使用된 실험장치는 內燃機關綜合性能 試驗裝置로서 RICARDO E.6 ENGINE (CUSSON CO. ENGLAND)을 供試機關으로 사용하였으며, 그의 主要 구성부는 동력계, 연

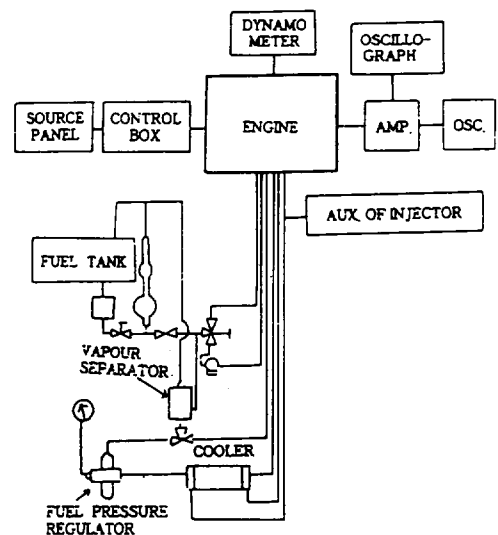


Fig. 1 Block diagram of engine test bed

료공급시스템, Control Box, 증폭기, 오실로스코프, 소음기등으로 되어 있다.

實驗裝置의 전체적인 構成은 그림 1에 나타난 것과 같고 主要部分을 요약하면 다음과 같다.

2.1.1 供試機關

本 實驗에 사용한 機關은, 可變壓縮比機關인 單汽筒 4 사이클 水冷式 디젤機關으로서, 불꽃점화방식이나 압축점화방식 어느쪽도 使用 可能하며, 壓縮比를 4.5에서부터 最大 22까지 調整하여 使用할 수 있다. 燃燒室은 비교적 粗惡한 燃料使用이 가능한 豫燃燒室式이며, 노즐은 豫燃燒室式에 많이 사용되는 보수형 핀틀노즐로서 低壓下에서도 噴霧의 分布가 良好하며, 분사초의 燃燒量을 적게 할 수있고, 같은 噴射壓力이라도 噴霧의 粒子가 작게 되는 잇점이 있다.

本 實驗에서 混合油(유채유50% + 경유50%, 容積比)와 比較 대상으로서, 輕油를 使用 할 때의 各種 機關性能을 調査 分析하기 위하여 調整된 機關의 主要 諸元은 표 1과 같다.

2.1.2 燃料供給시스템

그림 2는 燃料 供給시스템과 測定시스템의 構

Table 1 Principal specification of test engine

Item	Specification
Max. Engine Speed	3,000 rpm
Max. Power	9.5 KW
Cylinder Dia.	76 mm
Stroke	111 mm
Stroke Volume	503.5 cm ³
Compression Ratio	21
Injector	CAV/BKB/ 355 515 3UV
Injector Pump	Bosch Type APE 1B-60P-3885A
Nozzle	Bosch BDN OSD 21
Nozzle Opening Pressure	150 bar
Injection Timing	18° BTDC
Valve Timing Inlet Open	9° BTDC
Inlet Close	33° ATDC
Exhaust Open	45° ATDC
Exhaust Close	10° ATDC

成圖 이다. 燃料탱크의 容量은 9리터이고, 燃料消費量을 測定하기 위한 뷰렛(50ml, 100ml 용)가 中間에 설치되어 있어서, 이때 消費되는 時間을 測定함으로써 燃料消費量을 計測 燃料消

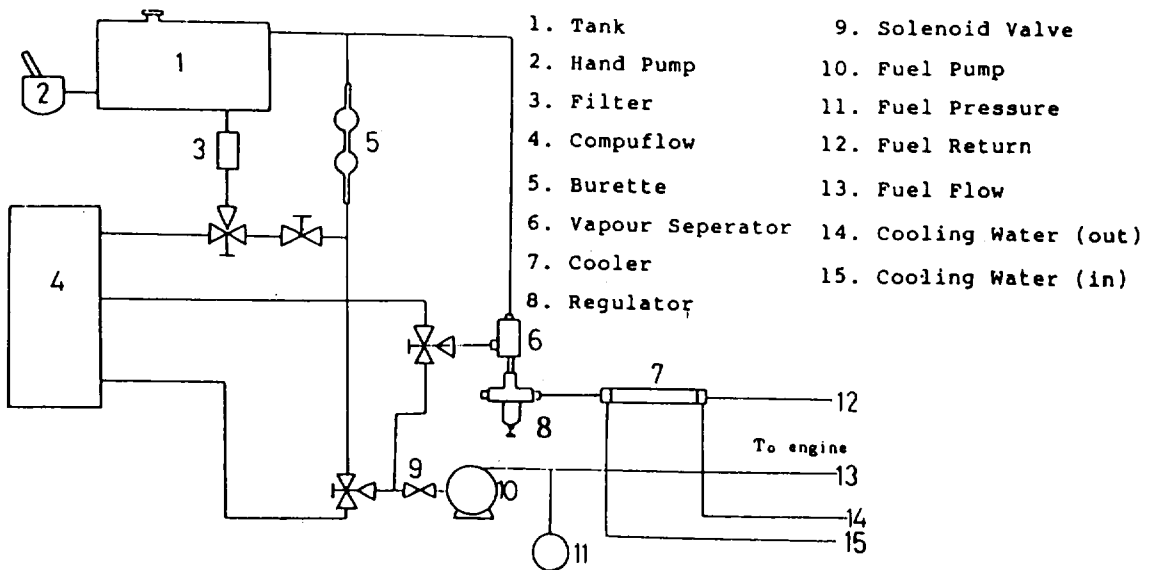


Fig. 2 Fuel feed system

費率을 구할 수 있다. 그림 2에서 수동펌프(2)로 연료탱크(1)에 보내진 연료는 필터(3)를 거쳐 연료유량 계측을 위한 관(4)을 통하여 슬레노이드밸브(9)에서 연료펌프(10)로서 機關에 供給된다. 이때 관속의 공기 제거를 위한 氣泡分離器(6)와 油冷却器(7), 油壓조정기(8)등이 연료의 원활한 공급을 도와 주는데 實驗시 연료 펌프의 燃料供給壓力은 2.5 Bar로 하였다.

2.1.3 動力計

本 實驗에서 使用된 動力計는 電氣의 Swing field, 直流타입이며 유연성 커플링을 통해 機關을 作動 시킨다. 두 개의 유니트는 鑄鐵 베드 판위에 裝置되어 있고, 정상 速度에서 機關에 의해서 發生되는 最大動力을 吸收해야 하며, 그 速度 範圍에서 機關을 구동해야 한다. 機關의 구동은 Control box에 연결된 動力計에서 行해진다.

여기서 사용된 動力計는 電氣의 直流 機械인데, 回轉數는 3,000 rpm이고, 시동하고 모터가 작동하는 동안에는 交流모터로서 作動하고, 機關 正常作動중일때나 負荷를 걸때는 直流發電器로서 作動한다. 本 裝置는 軸구동 팬에 의하여 자동 冷却되며 KTK Thermistor Converter를 통해서 브레이크 토오크가 制御되도록 한다.

2.1.4 Control Box

本 裝置에서는 機關의 始動, 停止외에 회전수, 분사시기등이 調節되며, 토오크, DAMP/IN/OUT, 회전수, 출력, 냉각수 량이 測定 된다. 그리고 ACU(Automatic Control Unit)로서의 안전차단장치는 裝備와 運轉者를 보호하기 위해 設計된 것으로서 警報 파라미터가 이를 감시해준다. 파라미터들은 System fault, 회전수, 윤활유압력, 냉각수온도, 윤활유온도등인데 異狀發生시 경고램프가 켜지고 機關을 차단한다.

2.1.5 기타

이상의 機器외에 크랭크 각도에 따른 실린더

內의 壓力變化는 피에조 壓力센서(Type: 4559)를 통해 電氣의 信號로 바꾸어 增幅器를 통해 增幅된 후 增幅된 수치를 그래프화 하는 오실로스코프로 출력된다.

機關運轉의 靜肅性을 測定하기 위해 騒音器(RION NA-24, 測定범위: 35~130dB, Tokyo, Japan)도 使用되었다.

2.1.6 供試燃料

供試燃料는 輕油 및 油菜油와 輕油를 大氣溫度 20℃에서 容積比 50:50의 比率로 混合한 混合油를 使用하였다.

2.2 實驗方法

첫번째 시도로서, 混合油에 대한 燃料油로서의 特性和 關係되는 引火點, 低位發熱量, 比重, 粘度 등에 關하여 試料試驗을 다음의 方法으로 實施하였다.

- ① 比重: 混合油의 比重 測定은 API 比重計(KOBAYASHI RIKA CO. TOKYO JAPAN)를 使用하였으며, JIS K2249 規定에 의해서 측정하였고, 測定時 燃料의 溫度는 20℃를 維持하였다.
- ② 引火點: 混合油의 引火點 測定은 PENSKEY 引火點 測定器(KOBAYASHI RIKA CO. JAPAN)를 使用하였으며, JIS K2253에 規定에 따랐다.
- ③ 發熱量: 混合油의 發熱量 測定은 燃燒式 斷熱熱量計(OSK 100, 3PAT OGAWA SAMPLING CO. JAPAN)를 使用하였으며, JIS K2271의 規定에 따랐다.
- ④ 粘度: 混合油의 粘度 測定은 Redwood 粘度計(MGF NO 9134 YOSHIDA KAGAKU KIKAI CO. JAPAN)로, 이 高粘度計의 使用은 JIS K2283 規定 및 ASTM D-445規定에 의하였고, 측정시의 燃料溫度는 30℃이다.

그다음 단계로서 機關性能試驗은 無負荷 상태에서 回轉數를 900rpm부터 시작하여 200rpm 間隔으로 運轉을 施行하였고, 各 回轉數에 따라

輕油와 混合油를 使用하여 機關의 性能을 計測하였으며, 本 研究에서는 制動馬力, 토오크, 燃料消費率, 배기온도, 소음, 熱效率 등에 關하여 究明하였다. 機關性能試驗은 各 測定值의 信賴度를 높이기 위하여, 機關 始動후 얼마간의 時間이 經過한 후 機關回轉數 및 負荷가 安定되고 機關溫度가 一定상태로 유지되었을때 모든 性能을 計測하였다. 排氣溫度 및 토오크, 制動馬力 등은 Control box로부터 計測하였고, 燃料消費量은 자체 제작한 燃料供給시스템의 50ml 뷰렛트와 스톱워치를 利用하여 計測하였다.

실린더內 壓力을 크랭크 각도에 대하여 측정 한 P-θ 線圖는 피에조 壓力센서를 燃燒室에 裝着시켜 燃燒室內 壓力變化를 增幅器를 통해 오실로스코프에 像이 나타나 것을 카메라로 촬영 하였으며, 이 線圖를 통하여 燃料噴射 밸브의 開閉時期 및 실린더內 最高壓力의 高低, 着火時期 등을 측정하였다. 騒音은 騒音器(RION NA-24, 測定範圍 35-130dB)를 利用하였는데, 이때 騒音器의 位置는 供試機關으로부터 10 미터 떨어져고 높이는 1.5미터로 하여 測定 하였다.

計測後의 性能 比較를 위한 算式은 아래와 같다.

$$B = \frac{3600 \times b}{1000 \times t} = 3.6 \times \frac{b}{t}$$

$$be = \frac{1000 \times B \cdot \gamma}{Pe} \text{ (g/ps} \cdot \text{h)}$$

$$\eta_e = \frac{632 \times Pe}{B \cdot \gamma \cdot Hl} = \frac{632}{be \cdot Hl} \times 1000$$

B = 燃料 消費量 (l/h)

b = 測定 時間內의 燃料 消費量 (cm³)

t = 測定에 要한時間 (Sec)

be = 正味 燃料消費率 (g/ps · h)

r = 燃料의 比重량 (g/cm³)

η_e = 正味 熱效率 (%)

Hl = 低位 發熱量 (kcal/kg)

III. 實驗結果 및 考察

3.1 混合油의 特性 및 燃料油로서의 妥當性 檢討

혼합유의 연료유로서의 특성과 관계되는 物理

Table 2 Fuel properties of various blended oils

Blended ratio		Specific gravity at 20°C	Lower heating value (kcal/kg)	Flash point at 30°C (°C)	Viscosity (cSt)
Diesel oil (%)	Rape seed oil (%)				
100	0	0.8350	10,600	61	3.53
90	10	0.8416	10,480	62	4.20
80	20	0.8430	10,390	63	5.42
70	30	0.8480	10,310	71	7.91
60	40	0.8576	10,220	80	11.21
50	50	0.8657	10,130	92	15.73
40	60	0.8770	10,060	126	23.43
30	70	0.8867	9,970	177	29.42
20	80	0.8931	9,890	282	36.23
10	90	0.9036	9,790	298	43.72
0	100	0.9190	9,720	318	50.81

的·化學的 性狀을 調査 分析하기 위해, 경유에 유채유를 容積比 10% 간격으로 稀釋하여 比重, 發熱量, 引火點 및 粘性을 측정한 결과, 표 2와 같은 결과를 얻었다. 경유와 유채유의 혼합은 單純稀釋法에 의해 容積比 50:50으로 혼합하였고, 단순희석법을 이용한 이유에 대해서는 外部에너지 투입이나 특수장치의 이용등 특별한 기술을 요하지 않기 때문이다.

비중은 순수 경유일 때 0.8350에서 유채유 혼합비율을 증가시킴에 따라 증가되어, 유채유 50% 혼합유일때가 0.8657이었고, 순수 유채유일 때 0.9190으로 나타났다.

발열량은 순수 경유일 때 10,600kcal/kg에서 유채유 혼합비율을 증가시킴에 따라 감소되어 유채유 50% 혼합유일때가 10,130kcal/kg 이었고, 순수 유채유일 때 9,720kcal/kg으로 나타나, 혼합유의 발열량은 경유의 96% 정도 였다.

인화점은 순수 경유일 때 61℃였으나, 유채유의 혼합비율이 증가됨에 따라 상승하여 유채유 50% 혼합유일때가 92℃였고, 순수 유채유일 때 318℃로 나타나 혼합유의 인화점은 경유 보다 31℃ 높고 순수 유채유보다는 226℃나 낮았다.

유채유 50%의 혼합유의 물리적·화학적 특성을 볼 때 경유에 비하여 연료유로서의 특성은 다소 떨어진다고 판단되었다. 위 연료의 특성중 유채유의 濃度가 증가할수록 점도가 급격히 증가하여, 이는 연료로 사용시 여러 가지 기관성 능을 저하시키는 근본 요인이 된다. 그러므로 점성을 낮추어 噴霧 粒子의 微粒化를 촉진하는 방법중 연료를 가열하는 것이 일반적으로 시도 되고 있다. 유채유와 혼합유 및 경유를 가열하여, 加熱溫度變化에 따른 粘度變化 樣相을 Peterson⁽⁸⁾의 실험결과 및 본 실험에서 측정한 표 2의 측정치를 비교하여 추정한 결과 그림 3과 같이 나타났다. 그림 3에서 유채유 및 경유의 動粘性은 온도가 상승함에 따라 지수함수적 으로 감소되어, 감소율은 유채유 혼합율이 높을 수록 크게 나타났다. 기관가동시 분사장치 입구

의 온도를 측정해 본 결과, 평균 85℃ 정도로 나타났다. 이 85℃에 해당되는 점으로부터 수직 선을 그어 이 수직선과 만나는 연료별 점도는 유채유의 경우 17cSt이고, 경유의 경우 0.7cSt 정도로 나타났다.

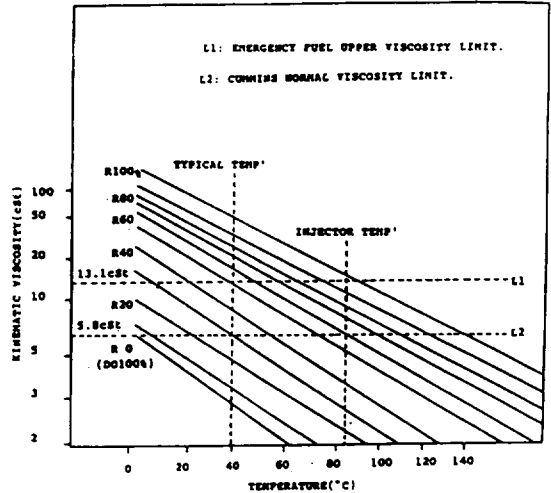
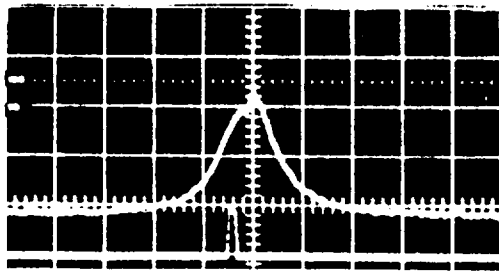
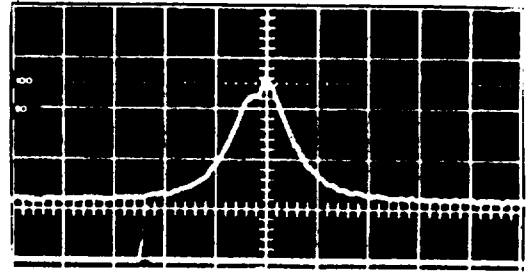


Fig. 3 Viscosity vs Temperature for rape-seed oil blends

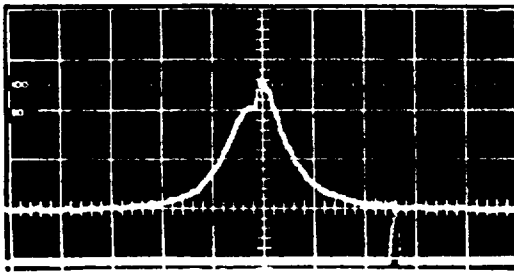
Cummins Engine Company에 따르면 디젤 기관의 연료가 분사에 지장이 없고, 분무 상태가 좋으며 탄소퇴적등이 일어나지 않는 통상의 安全限界 점도는 40℃에서 5.8cSt이고, 危險限界 점도는 13.1cSt로 규정하고 있다. 이 규정에 따르면 유채유 50% 이상 혼합시 위험 규정을 초과하며 유채유 30% 이하의 경우 안전함을 알 수 있다. 그러나 분사 노즐 입구에서 기관의 연소열 전달에 의한 상승 온도 85℃를 기준으로 하면, 유채유 60% 이하의 경우 기관의 안전운전이 가능함을 나타내고 있다. 따라서 혼합유의 특성으로 볼 때, 디젤기관의 연료로서 使用 可能하며 단지 점도를 조금 낮추고, 분사압력을 높이며, 壓縮比를 크게하면 劣惡한 연료라도 微粒化가 양호하여 正常燃焼를 할 수 있으므로, 위 기능을 수행 할 噴射補助裝置 등의 수단을 강구한다면 보다 効果적일 것으로 思料 되었다.



diesel oil

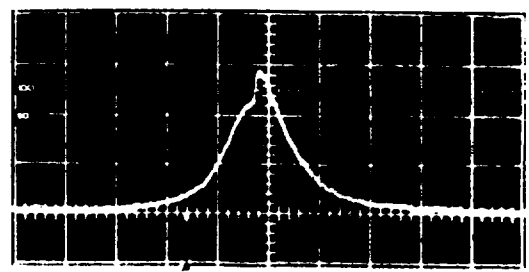


diesel oil



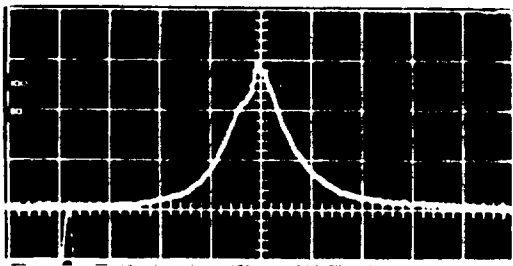
blend oil (50%)

(A) 900 RPM

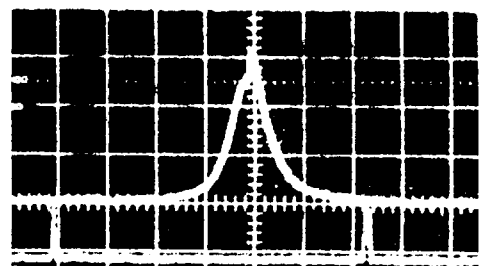


blend oil (50%)

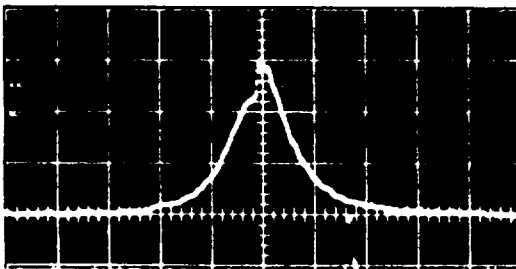
(B) 1300 RPM



diesel oil

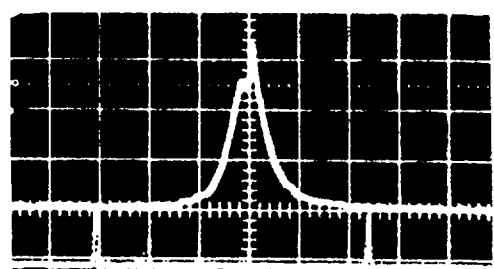


diesel oil



blend oil (50%)

(C) 1500 RPM



blend oil (50%)

(D) 1900 RPM

Fig. 4 P- θ diagram by diesel oil and blend oil

3.2 運轉特性

기관의 시동 및 운전특성을 확인하기 위해, 처음에는 경유로서 시동 및 운전특성을 조사한 후 기관이 완전히 冷却된 상태에서 혼합유를 사용하여 시동하였다. 이 결과 경유때와 같이 시동상태와 運轉 安全性은 매우 양호하였다.

3.2.1 P-θ 線圖

피에조 압력센서에 의한 실린더內 압력변화를, 增幅器를 통해 오실로스코프에 연결하여 機關爆發시의 실린더 內壓 P와 크랭크 각도 θ와의 관계를 활취한 P-θ 선도가, 기관회전수에 따라 그림 4 (A)~(D)에 나타나 있다. 그림에는 혼합유의 P-θ 선도와 비교하기 위해 경유만 사용했을시의 P-θ 선도도 함께 나타냈다. 각 회전수에 따른 P-θ 선도중에서 대표적인 경우, 즉 그림 5의 1,500rpm의 혼합유와 경유의 P-θ 선도를 비교하였을 때, 혼합유의 最高爆發壓力는 경유의 最高爆發壓力보다 약 4kg/cm² 정도 높게 나타났으며, 그 이외의 연소과정은 경유의 연소상태에 비해 혼합유의 P-θ 선도상에 별다른 점은 발견 할 수 없다.

爆發에 의한 일량은 압력 P와 실린더 容積 V와의 곱으로 나타나기 때문에, 실린더 용적이 일정한 상태에서 일량의 증가는 압력 P에 비례하므로, 그림 4 (A)~(D)에서 볼 수 있듯이 혼합유쪽이 最高爆發壓力이 약 2~4kg/cm² 정도 높게 나타났으므로, 기관회전수가 증가함에 따라 일량은 증가하였는데 이는 뒤에 실험한 기관출력 증가현상과 일치하여 燃料유로서의 운전 특성은 양호하다고 볼 수 있고, 이것은 이미 보고된 실험결과⁽⁹⁾와 거의 비슷하다.

3.2.2 機關性能

각 회전수에 따른 制動馬力, 토오크, 燃料消費率, 排氣溫度, 騒音, 熱效率 등에 대한 관계를 계속하여 작성한 기관성능 曲線이 그림 7, 8, 9, 10, 11, 12에 表示 되어 있다.

① 制動馬力 : 본 실험에서는 Control Box를 통하여 자동 계속되었지만, 制動馬력을 산출

하는 한 방법으로, 吸收式 動力計를 사용하여 기관구동축의 토오크(회전력)와 그의 회전속도(회전수)를 측정하면, 그 기관의 制動馬력을 다음과 식으로 계산 할 수 있다.

$$Pe = 2\pi \cdot T \cdot N / (60 \times 75) = T \cdot N / 716.20$$

Pe : 制動馬력,

T : torque(kg.m),

N : 회전수(rpm)

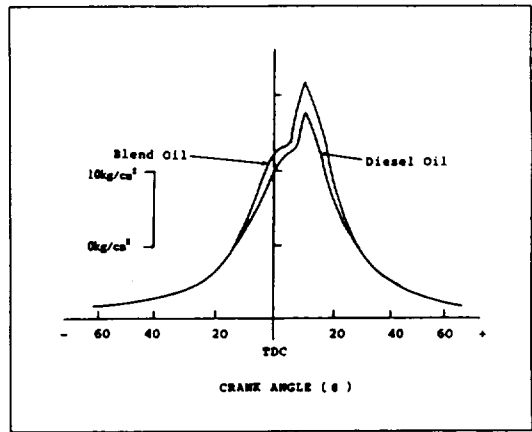


Fig. 5 P-θ diagram by diesel oil and blend oil for 1,500rpm

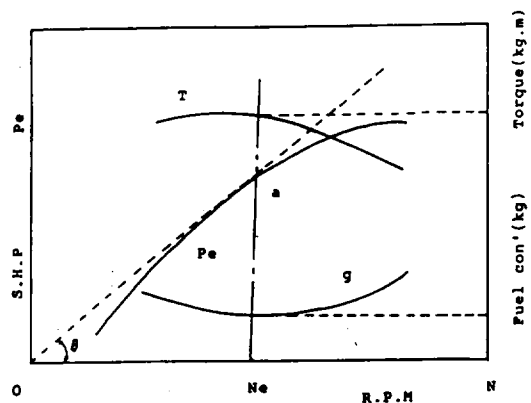


Fig. 6 Relationship between torque and power

그림 7에서 制動馬력은 경유와 혼합유 모두에 대하여 회전수의 증가와 더불어 증가하였으

나. 경유때보다는 혼합유 쪽이 기관회전수 전반에 걸쳐 평균 7.5% 정도로 경유보다 약간 높게 나타났다. 이것은 폭발압력의 증가로 인한 일량의 증가이며, Ziejewski 와 Kaufman⁽⁶⁾의 실험결과와도 일치하며, 저속에서 출력차이가 커지는 경향은, 연소하는데 필요한 시간이 증가하는데 기인한 것으로서, 혼합유에 유리하게 작용하는 듯 하다.

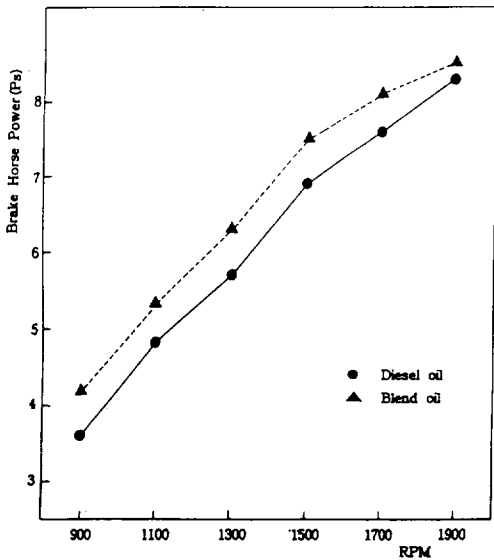


Fig. 7 Relationship between rpm and brake horse power

② 토오크(Torque) : 기관의 출력을 토오크에 의하여 표시할 때, 실린더내의 압력 $P(\text{kg/cm}^2)$ 가 반경 $R(\text{m})$ 의 크랭크암에 수직으로 작용하여 N 회전(rpm)할 때, 크랭크축이 행하는 일량 $W(\text{kg.m})$ 는 $W=2\pi \cdot P \cdot R \cdot N(\text{kg.m/min})$ 로 계산되므로 제동마력은

$$Pe = P \cdot R \cdot N / 716.20 \text{ (PS)}$$

위 식에 있어서의 $P \cdot R$ 를 토오크라 하며 이것을 T 로 표시하면,

$$T = P \cdot R \text{ (kg.m)}$$

따라서 $Pe = 0.001396T \cdot N \text{ (PS)}$ 이다. 즉, 이론적으로 토오크는 기관의 회전속도에 영향을 받지 않으며, 제동마력은 회전속도에 비례하여

直線的으로 증가하게 되는데, 실제에 있어서는 그림 6에 回轉速度에 의하여 토오크는 변화하고, 高速時보다 中速時의 토오크가 크게 된다. 이것은 중속시의 吸氣時間이 길기 때문에 容積效率이 향상하고, 최고압력이 높아짐과 아울러 고속시에 있어서 機械損失이 증가하는 등의 이유때문이며, 그림 6의 Ne 부근에서 최고로 되는 토오크도 회전수가 더욱 증가하면 低下率이 커진다. 한편 低速回轉速度에 있어서도 토오크가 低下傾向을 보이는 것은, 吸氣行程에 있어서 공기의 流入 慣性效果가 작아서 容積效率이 저하하기 때문이다. 토오크와 출력성능곡선 相互의 관계는 그림 6에 있어서 출력곡선상의 임의의 1점과 좌표축의 원점 O 를 맺는 직선이 가로축과 이루는 각을 θ 라 하면 앞에 식으로 부터,

$$\tan \theta = 0.001396T = Pe/Ne$$

따라서 $\tan \theta$ 는 T 에 비례한다. 원점을 통하는 Pe 곡선의 접선을 그으면 a 에서 접하고 따라서 회전수 Ne 로 기관을 운전할 때에 이 기관은 최대토오크를 발생하게 된다. 그리고 연료소비율도 이 부근에서 최소로 되므로 Ne 는 경제출력

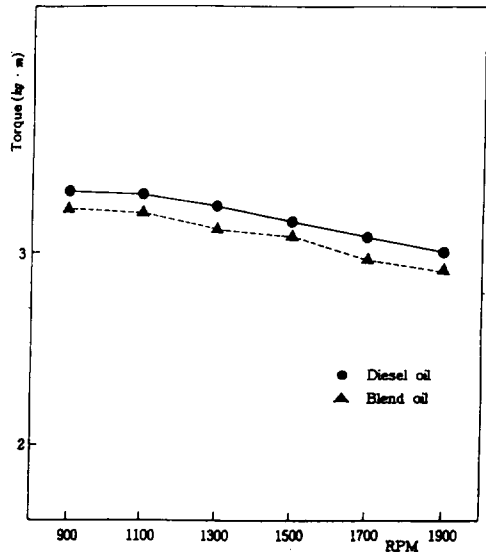


Fig. 8 Relationship between rpm and torque

을 유지하기 위한 회전속도이다. 그림 8에서 보이는 바와 같이 토오크는 경유에 비하여 기관회전수 전반에 걸쳐 평균 3.4% 정도로 낮게 나타났는데, 이것은 혼합유의 점성이 높아 분사시 무화상태가 나쁘게 된 결과로 압축비를 높이거나 예열을 시키는 등의 噴射補助裝置를 설치하는 것이 필요할 것으로 思料된다.

③ 燃料消費率 : 단위시간당 소비되는 연료소비를 출력 1PS당으로 나타낸 연료소비율은 기관의 경제성을 비교하는 수치로서 그림 6과 같은 양상을 보이며 연료소비율이 낮으면 양호하다. 그림 9에서 보듯이 연료소비율은 예상했던 대로 혼합유가 경유보다 평균 3.3% 정도 높았다. 기관회전수 900rpm에서 최대값을 보였고, 회전수가 증가함에 따라 감소하다가 기관회전수 1,700rpm에서 최소로 되었으며, 이후부터는 서서히 증가하였다. 혼합유의 연료소비율이 높은 이유로는 혼합유의 발열량이 경유에 비하여 작기 때문인 것으로 사료되며, 대부분의 식물유는 이와 비슷한 양상을 보인 것으로 보고되고 있다.

④ 排氣溫度 : 배기온도는 機關과 過給機를 설치한 기관의 耐久度를 결정하는 중요한 요소이며, 기관의 성능을 판단하는 기준으로 되어 있다. 배기온도로서 연소실내의 폭발압력의 정도를 가늠할 수 있으며, 정상치와 비교하여 너무 낮으면 연료의 연소성이 나빠 폭발이 제대로 이루어지지 않기 때문이며, 排氣色이 좋은 경우를 제외하곤 연료의 연소성에 의문이 제기된다. 반대로 너무 높을 경우에는 後期燃燒가 있음을 뜻하며 연소상태가 나쁨을 알 수 있다. 安定된 正常運轉을 계속할 경우엔 平均排氣溫度가 실린더의 일에 대략 비례한다. 그림 10에서 배기온도는 경유, 혼합유 모두 기관회전수의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 혼합유의 배기온도가 평균 16.8℃ 정도로 높게 나타났다. 이것은 야자油와 경유를 혼합유로 실험을 한 보고⁽¹⁰⁾와 거의 일치하며, 혼합유는 P-θ 활착시의 최고폭발압력 증가와 관련하여 高速回轉, 高負荷 領域에서 연소상태가 양호하고 열효율이 증

가하리라고 思料된다.

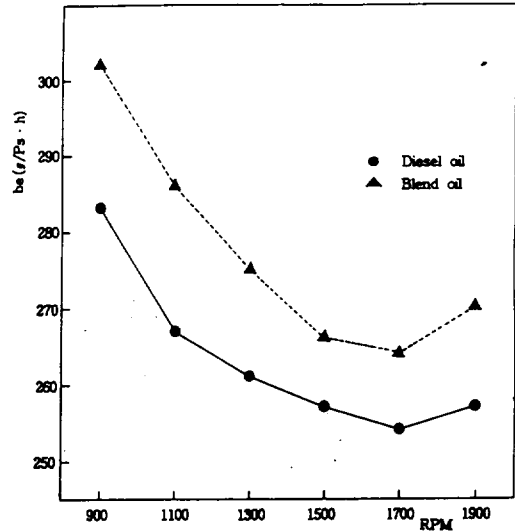


Fig. 9 Relationship between rpm and specific fuel consumption

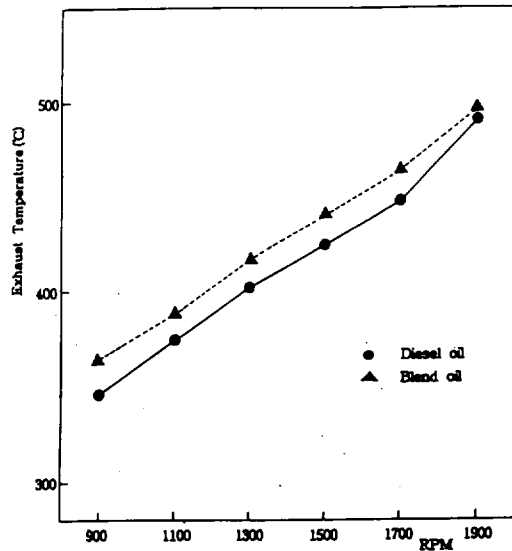


Fig. 10 Relationship between rpm and exhaust temperature

⑤ 騒音 : 機關運轉의 靜肅性을 알아보기 위한 소음은 폭발음이나 치차의 구동, 캠이나 밸브 구동기구의 音響, 震動音등이 복잡하게 혼합

하여서, 연소가 양호한 경우에는 리드미컬한快船으로 들리지만, 순조롭지 않을 경우에는 진동을 동반하고 리듬이 흐트러진다. 진동과 음향이 점차 증대하는 경우에는 녹킹(knocking)등 不完全燃燒의 요인으로 볼 수 있다. 그림 11에서 소음 측정결과는 대체적으로 경유와 혼합유 양자간에 큰 차이가 없었으며 1,500rpm 부근에서 혼합유의 소음이 일시적으로 약간 커지는 상태를 보였다.

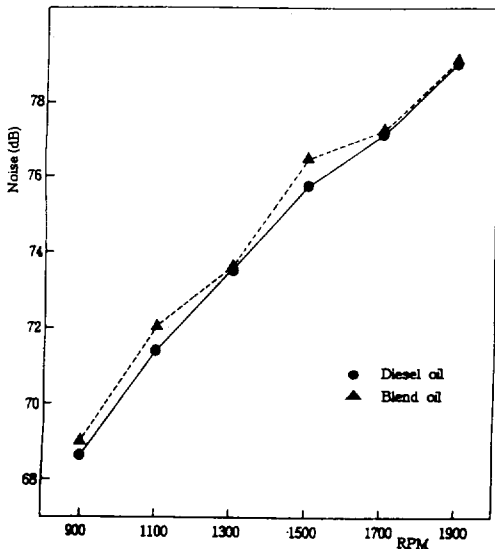


Fig. 11 Relationship between rpm and noise

⑥ 熱效率 : 열효율은 1 사이클 중에 발생한 일을 供給 熱에너지로 나눈값을 말하며, 燃料消費率과 사용연료의 低位發熱量을 알면 구할 수 있다. 그림 12에서 열효율은 1,300rpm 이하에서는 경유가 약간 높게 나타나다가, 1,500 rpm 부터는 혼합유가 사용연료 소비량에 대해 출력이 현저하게 증가하므로 인하여 경유를 사용할 때보다 높은 값을 보였고, 1,700rpm 부근에서 경유, 혼합유의 제동열효율이 각각 23.6%, 23.5%로 가장 큰 값을 나타내고는以後 다시 減少하는 경향을 띠었다. 이 결과 역시 혼합유의 사용은 고속회전, 고부하시에 유리함을

을 예측할 수 있다.

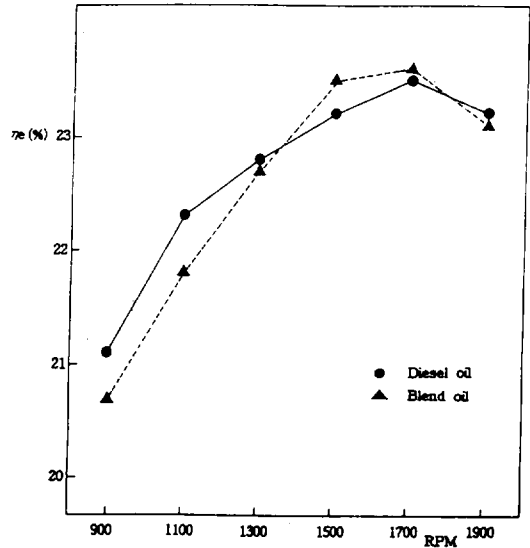


Fig. 12 Relationship between rpm and brake thermal efficiency

IV. 결론

本 研究에서는 輕油와 油菜油를 容積比 50:50으로 混合한 混合油를 채택하여 燃料油로서의 混合油의 物理的·化學的 燃料 特性을 調査 分析하고, 混合油를 디젤機關의 改造없이 燃料油로 사용했을 때 디젤機關性能에 미치는 影響을 究明하고자 各種 機關性能實驗을 행하였던 바, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 混合油의 低位發熱量은 10,130kcal/kg 이고 引火粘은 92℃로 發熱量과 引火粘이 경유에 비하여 각각 4.4% 와 6.6% 정도의 輕微한 차이를 보였으며, 혼합유의 점도는 15.73cSt로 경유 점도보다 4.5배 정도 큰 값이었으나 유체유 100% 보다는 3.2배 정도 낮은 값이었다.

2) P-θ선도를 찰취한 결과 혼합유를 사용할 때가 경유를 사용하였을때에 비하여 最大爆發壓力은 全 運轉 조건하에서 2~4kg/cm² 정도로 비교적 높게 나타남으로서 運轉特性이 良好함을 나타냈다.

3) 制動馬力과 燃料消費率, 排氣溫度는 혼합유쪽이 경유에 비하여 각각 7.5% 와 3.5%, 3.9% 정도로 높았고, 열효율과 소음은 혼합유와 경유가 대체적으로 같은 값을 나타냈다.

4) 토오크는 혼합유쪽이 경유에 비해 기관회전수 전반에 걸쳐 3.4% 정도 낮은 상태를 보였는데, 이는 혼합유의 諸特性상 연소상태가 나쁘게 되어지기 때문이라고 사료된다.

이상의 結果에서 혼합유를 디젤기관의 개조없이 바로 연료유로 사용하였을 경우, 연료유로서의 열악한 조건에도 불구하고 경유를 사용할 때와 거의 유사한 운전특성을 보임으로써, 향후 석유 부존자원의 고갈에 처하여 경제성이 뒷받침 되었을 때 대체에너지로서 이용 가능하다고 사료된다.

참고문헌

- 1) 고장권, 전효중, 1981, 小型舶用 디젤機關 代替燃料로서의 菜種油에 관한 研究, 한국박용기관학회지, 5(2), pp. 56~61.
- 2) C. L. Peterson, 1986, Vegetable oil as a diesel fuel, status and rese arch priorities, *Trans. ASAE.*, 29(5), pp. 1413~1422.
- 3) A. J. Akor, W. J. Chancellor and N. Raubach, 1983, The potential of palm oil as a motor fuel, *Trans. ASAE.*, 26(1), pp. 23~28.
- 4) S. M. Geyer, M. J. Jacobus and S. S. Lestz, 1984, Comparison of diesel engine performance and emissions from neat and transes terified vegetable oils, *Trans. ASAE.*, 27(2), pp. 375~381.
- 5) G. R. Quick, 1980, Developments in use of vegetable oils as fuel for diesel engines, *ASAE. paper*, No. 80-1525 R.
- 6) M. Ziejewski and K. R. Kaufman, 1983, Laboratory endurance test of a sunflower oil blend in a diesel engine, *JAOCS.*, 60(8), pp. 1567~1573.
- 7) C. L. Peterson, D. L. Auld and R. A. Korus, 1983, Winter rape oil fuel for diesel engines : recovery and utilization 1. *JAOCS.*, 60(8), pp. 1579~1587.
- 8) C. L. Peterson, G. L. Wagner and D. L. Auld, 1983, Vegetable oil substitutes for diesel fuel, *Trans. ASAE.*, 26(2), pp. 322~32.
- 9) 飯本 光雄, 1980, "植物油脂 燃料による 農用 小型 Diesel機關の運轉特性", 日本農業機械學會誌, 42(3), pp. 455~458.
- 10) 居垣千尋, 山本博昭, ほか, 1981, 代替燃料による 農用 エンジンの運轉, 日本農業機械學會關西支部報, 50 : pp. 14~15.