

碩士學位論文

디젤燃料로서 混合油를 사용할 경우의
소형디젤 機關 性能에 관한 研究



濟州大學校 大學院

高 泰 奎

1993年 12月

디젤燃料로서 混合油를 사용할 경우의 小型디젤 機關 性能에 관한 研究

指導教授 許 鐘 哲

高 泰 奎

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1993年 12月

高泰奎의 工學 碩士學位 論文을 認准함

JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長 권기민
委 員 김기석
委 員 許 鐘 哲

濟州大學校 大學院

1993年 12月

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

Tae-Gyu Ko

(Supervised by professor Jong-Chul Huh)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

DEPARTMENT OF ENGINE TECHNOLOGY

GRADUATE SCHOOL

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1993. 12.

目 次

<i>Summary</i>	-----	1
I. 序 論	-----	2
1. 研究背景 및 動向	-----	2
2. 研究目的	-----	5
II. 實驗裝置 및 方法	-----	7
1. 實驗裝置	-----	7
2. 實驗方法	-----	14
III. 實驗結果 및 考察	-----	16
1. 混合油의 特性 및 燃料油로서의 妥當性 檢討	---	16
2. 運轉特性	-----	20
2.1 P- θ 線圖	-----	20
2.2 機關性能	-----	24
IV. 結 論	-----	35
V. 參考文獻	-----	37
감 사 의 글	-----	40

Summary

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°C.

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.

I. 序 論

1. 研究背景 및 動向

1970年代의 두차례에 걸친 石油波動을 겪으면서 全世界的으로 石油를 비롯한 化石에너지 源의 賦存限界性에 대한 危機意識이 深刻하게 대두되었고, 人口增加와 産業 및 文明의 發達로 인한 爆發的인 에너지수요에 대하여 石油만으로는 需給이 미치지 못 한다는 것은 주지의 사실이며, 에너지 專門家들도 向後 약 40年內에 石油資源이 枯竭될 것으로 내다보고 있다.

따라서 石油資源의 枯竭에 대한 對處方案이 世界各國의 가장 深刻한 問題로 登場하게 되었고, 특히 石油資源이 전혀 없으면서 石油燃料 依存度가 극히 높은 국가에서는 더욱 더 石油依存度 減少가 가장 重要하고도 時急한 政策課題로 提起되고 있다.

內燃機關의 代替燃料에 관한 研究는 2次世界大戰 무렵부터 日本등을 중심으로 하여 일부 研究가 시작되었으나, 本格的인 研究는 1970年代의 두차례에 걸친 오일쇼크를 계기로 이루어 졌다. 이때부터 報告되는 論文의 상당수가 장래의 에너지 消費形態에 있어서 脫石油, 또는 石油消費의 節約을 目標로 하여 연구되어 졌으며, 이는 石油燃焼시 발생하는 公害문제에도 기여한다. 한편 최근에 內燃機關의 性能이 크게 향상되어 小型 高壓縮, 高速 機關으로 發展되고 있고, 潤滑油添加劑의 開發도 크게 高級化 하여 가혹한 潤滑 狀態下에서도 충분한 性能을 발휘할수 있으며, 耐蝕性材料나 特殊材料가 출현함에 따라 使用燃料의 범위를 한 층더 넓히게 한다.

內燃機關의 燃料로서 石油類 대신 다른 燃料를 利用하고자 하는 研究는, 디젤기관의 발명자 Rudolph Diesel이 1900年初에 땅콩기름을 燃料로 하

여 디젤기관의 運轉試驗을 한것이 最初로 알려져 있다.

그후 2次大戰중 원활한 軍需燃料의 필요성을 體驗한 日本에서 代替燃料로서 大頭油, 松根油, 고래油, 정어리油등에 關하여 연구한 報告가 있었으며, 1974년 에너지 파동 이후로 最近에는 世界各地에서 油菜油(고, 1981: Peterson, 1986), 야자油(居垣, 1985: Akor와 Chancellor, 1985), 해바라기油(Geyer, 1984), 옥수수油(飯本, 1980), 목화씨油(Quick, 1980), 유우칼리油(竹田, 1984), 박하油(松居, 1984)등 各種 비석유기 植物油와 또는 輕油와의 混合油로 디젤기관을 運轉한 研究結果가 많이 報告되고 있다.

이들 植物油에 대한 많은 報告중 Goering 과 Daugherty(1982)등은 아주 까리, 옥수수, 목화씨, Cramble, 아마씨, 땅콩, 유채, 홍화, 참깨, 콩, 해바라기油등 11가지 植物油에 대해서 化學的 組成과 關聯하여 總發熱量, 세탄가, 引火點, 流動點등의 燃料特性을 조사하였다.

이 결과 發火性의 尺度인 세탄가는 大部分의 植物油가 圓滑한 繼續的 燃燒에 必要한 최저 세탄가 40에 類似하였으며, 긴流入期間, 低粘性, 低流動點등에 대해서는 옥수수, 유채, 참깨, 목화씨, 콩등 5가지는 燃料特性상 바람직한 組합을 가지고 있는 것으로 나타났고, 그 이외는 바람직하지 않은 것으로 나타났다.

Ziejewski 와 Kaufman(1983)등은 해바라기油와 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 얻을수 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.

Peterson 과 Auld, Korus(1983)등은 유채유의 物理的, 化學的 成分調査를

통하여 長期運轉에 따른 카본 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 핀틀형 분사노즐을 가진 豫燃燒室式 디젤기관이 直接噴射式의 경우보다 여러 機關性能面에서 우수하다는 結論을 얻었다.

또한 그들은 南아프리카에서 100% 해바라기油로 70%의 일정한 負荷狀態에서 2300시간 동안 空冷式 豫燃燒室 디젤기관을 성공적으로 가동했으며, Caterpillar 회사에서는 거의 모든 식물유에 대해서 代替燃料로서 實驗을 행하여본 결과 全負荷 狀態에서 作動된 예연소실기관이 상당히 效力이 있음을 究明하였고, 경유와의 10% 混合油로 作動할 수 있는 機關品目を 확장하여 保證을 서고 있다고 보고하고 있다.

竹田(1979)은 油菜油가 농가 自體 生産이 可能하므로 農用機關의 代替燃料로서 最適이며, 發熱量이 낮아 燃料消費量은 增加하지만 熱效率은 비슷하다고 하였다.

또 油菜油는 輕油에 比하여 動粘度가 높고 燃燒時 理論 空氣量이 작아 同一 負荷에서 空氣過剩率이 높기 때문에 燃燒狀態가 良好하며 배기흑연, CO, NOx 가 낮다고 보고하였다.

高와 全(1981)은 油菜油의 燃燒特性을 檢討하고 油菜油가 輕油에 比해 制動馬力이 4~10% 程度 더 높고, 燃料消費率도 10~16% 程度 더 많다고 보고하였으며, 高(1984)는 輕油와 油菜油 20% 를 混合한 混合油는 燃料消費量이 輕油보다 3% 程度 增加 하였고, 正味熱效率은 輕油사용시와 거의 비슷하다고 報告하였다.

2. 研究目的

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, 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 植物油의 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원인이 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 낮은편이 霧化가 좋아져 燃料로서 바람직 하다고 한다.

그러나 지금까지 輕油 代替燃料로서, 植物油 使用이 遲延되고 있는 것은 機關 堆積物 問題보다는 經濟性이 더 큰 要因으로 나타나고 있다.

따라서 石油 代替에너지 導入의 필요성이 급격히 高潮되기는 했어도, 最近 原油價格이 대폭 下落하여 代替에너지에 대한 切迫感이 産業界를 비롯한 에너지 分野에 다소 弱화된 感이 적잖이 存在하고 있는 듯하다.

그러나 長期的 觀點으로 볼때 대체 에너지 導入이 필요한것은 단순한 價格 比較面에서 判斷될 性質을 가진것은 아니며, 石油資源 枯竭이나 비상시의 대비를 위한 觀點에서 다루어 져야 한다는 基本的인 취지아래, 本 研究에서는 이러한 代替에너지 開發을 위한 研究의 일환으로서 往復動 內燃機關중 壓縮點火機關의 代替燃料로서 植物油의 問題를 研究 檢討하고자 하였다.

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 증대한 요인인 噴霧特性 및 燃燒特性, 그리고 機關性能을 저하시킬수 있는 우려가 충분히 존재하므로 현 단계에서 생각할 수 있는 식물유의 각종 이용수단 즉, 燃料溫度의 加熱, 에스테르化, 輕油, 혹은 에탄올과의 混和등이 각종 機關性能에 效果를 거둘수 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 調查 分析하여 유채유 50%의 혼합유가 小型 디젤기관 燃料油로서의 타당성 여부를 검증하고, 混合油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 활취하여 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 이와함께 각종 실험장치를 이용하여 기관성능에 미치는 영향 즉, 제동마력, 토크, 연료소비율, 배기온도, 소음, 열효율등 諸 特性을 機關 回轉數別로 파악, 輕油 사용시와 比較 分析함으로써, 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

1. 實驗裝置

本 實驗에 使用된 實驗장치는 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 使用하였으며, 그의 主要 구성부는 動力계, 燃料공급시스템, Control Box, 증폭기, 오실로스코프, 소음기등으로 되어 있다.

實驗裝置의 전체적인 構成은 그림 2.1, 2.2에 나타낸 것과 같고 主要部分을 요약하면 다음과 같다.

1) 供試機關

本 實驗에 使用한 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 보슈형 핀틀노즐로서 低壓下에서도 噴霧의 分布가 良好하며, 분사초의 연소량을 적게 할 수 있고, 같은 噴射壓力이라도 噴霧의 粒子가 작게되는 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 調查分析하기 위하여 調整된 機關의 主要 諸元은 표 2.1과 같다.

2) 燃料供給시스템

그림 2.3은 燃料供給시스템과 測定시스템의 構成圖이다.
연료탱크의 容量은 9리터이고, 燃料消費量을 測定하기 위한 뷰렛(50ml, 100ml용)가 중간에 설치되어 있어서, 이때 消費되는 時間을 測定함으로써 燃料消費量을 計測 燃料消費率을 구할 수 있다.

그림 2.3에서 수동펌프(2)로 연료탱크(1)에 보내진 燃料은 필터(3)를 거쳐 연료유량 계측을 위한 管(4)을 통하여 솔레노이드밸브(9)에서 연료펌프(10)로서 機關에 供給된다. 이때 管속의 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 연료펌프의 燃料供給壓力은 2.5 Bar 로 하였다.

3)動力計

本 實驗에서 使用된 動力計는 電氣的 Swing field, 直流타입이며 유연성 커플링을 통해 機關을 作動 시킨다. 두개의 유니트는 鑄鐵 베드판위에 裝置되어 있고, 정상 速度에서 機關에 의해 발생하는 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 電氣的 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 直流發電機로서 作動한다.

本 裝置는 軸구동 팬에 의하여 자동 冷却되며 KTK Thermistor Converter 를 통해서 브레이크 토크가 制御되도록 한다.

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된것으로서 警報 파라미터가 이를 감시해준다. 파라미터들은 System fault, 회전수, 윤활유압력, 냉각수온도, 윤활유온도' 등인데 異狀發生시 경고램프가 켜지고 機關을 차단한다.

5) 기타

이상의 機器외에 크랭크 각도에 따른 실린더內的 壓力變化는 피에조 壓力센서(Type:4559)를 통해 電氣的 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, 측정범위:35~130dB, Tokyo, Japan)도 使用되었다.

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.

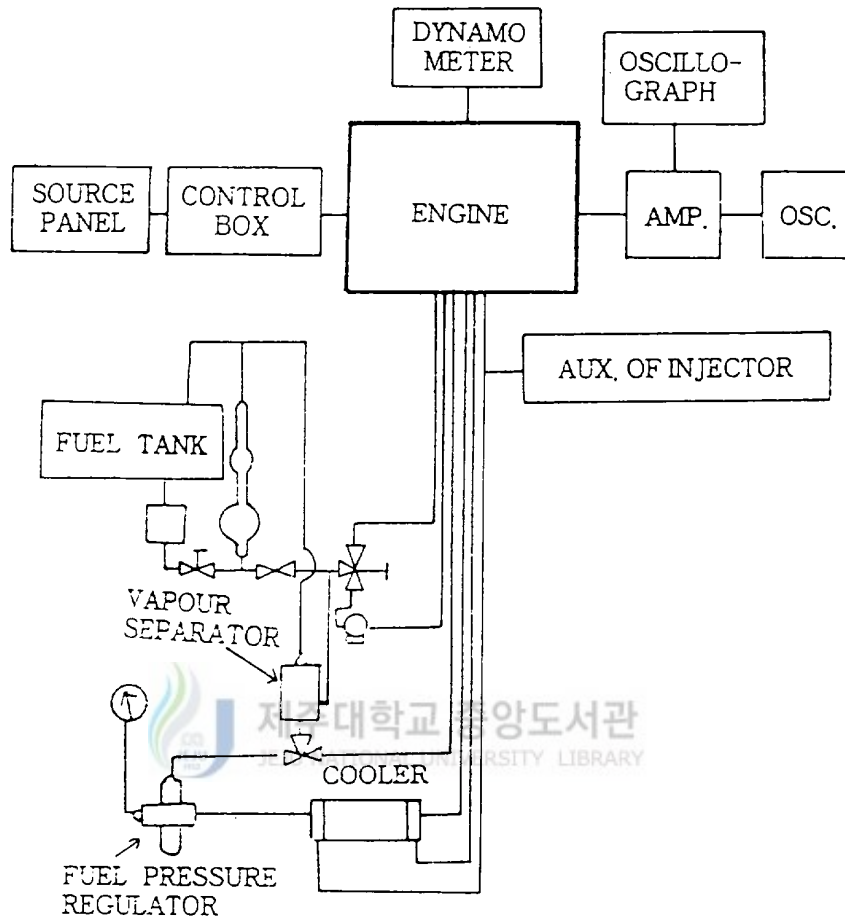


Fig. 2.1 Block diagram of engine test bed.

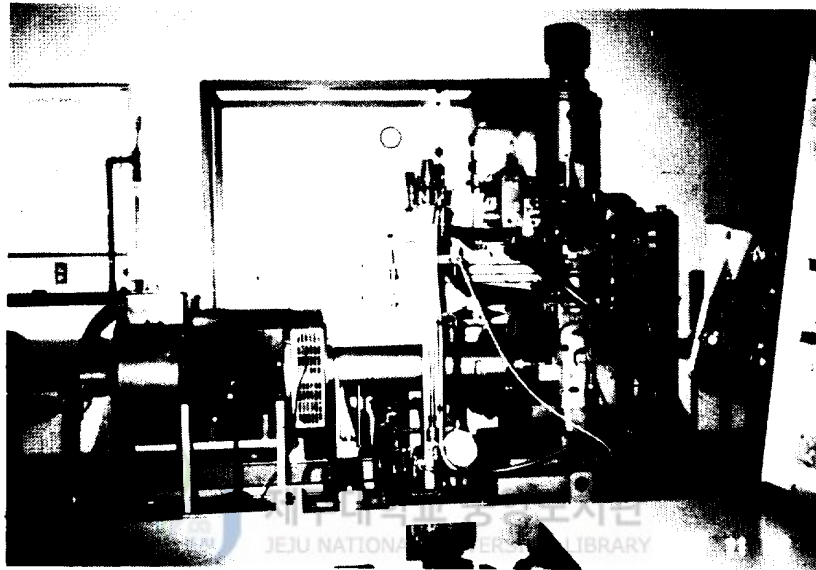


Fig 2.2 Photo. of experimental apparatus .

Table 2.1 Principal specification of test engine

Item	Specification
Max. Engine Speed	3000 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

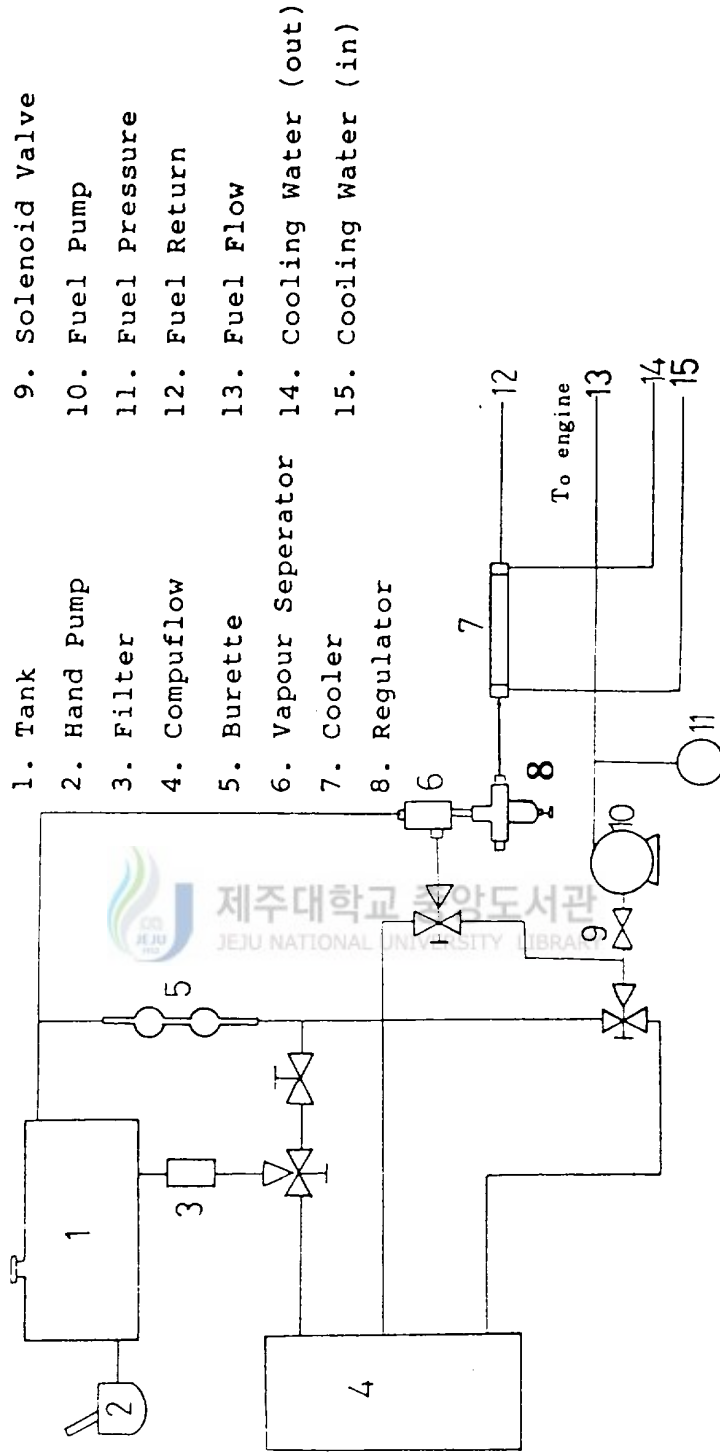


Fig. 2.3 Fuel feed system.

2. 實驗方法

첫번째 시도로서, 混合油에 대한 燃料油로서의 特性和 關係되는 引火点, 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 의해 측정하였고, 測定時 燃料의 溫度는 20℃를 維持하였다.
- ② 引火点: 混合油의 引火点 測定은 PENSKY 引火点 測定器(KOBAYASHI RIKA CO. JAPAN)를 使用하였으며, JIS K2253에 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 의했다.
- 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 900rpm 부터 시작하여 200rpm 間隔으로 運轉을 施行하였고, 各 回轉數에 따라 輕油和 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 box로 부터 計測하였고, 燃料消費量은 自作된 燃料供給시스템의 50ml 뷰렛트와 스톱워치를 利用하여 計測하였다.

실린더內 壓力을 크랭크 각도에 대하여 측정한 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 나타난 것을 카메라로 촬영하였으며, 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으로 부터 10미터 떨어져고 높이는 1.5미터로 하여 測定하였다.

計測後의 性能 比較를 위한 算式은 아래와 같다.

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

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)

$$b_e = \frac{1000 \times B \cdot r}{P_e} \quad (g/ps \cdot h)$$

b_e = 正味 燃料消費率 (g/ps · h)
P_e = 制動馬力 (ps)

$$\eta_e = \frac{632 \times P_e}{B \cdot r \cdot H\ell} = \frac{632}{b_e \cdot H\ell} \times 1000$$

r = 燃料의 比重量 (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

1. 混合油의 特性 및 燃料油로서의 妥當性 檢討

混合油의 燃料油로서의 特性과 關係되는 物理的·化學的 性狀을 調查 分析하기 위해, 輕油에 油菜油를 容積比 10% 間隔으로 稀釋하여 比重, 發熱量, 引火點 및 粘性을 測定한 結果, 表 3.1과 같은 結果를 얻었다.

輕油와 油菜油의 혼합은 單純稀釋法에 의해 容積比 50:50으로 혼합하였고, 單純稀釋法을 이용한 이유에 대해서는 外部에너지 投入이나 特殊裝置의 利用등 特別한 技術을 요하지 않기 때문이다.

比重은 순수 輕油일때 0.8350 에서, 油菜油 混合比率을 增加시킴에 따라 增加되어, 油菜油 50% 混合油일때가 0.8657 이었고, 순수 油菜油일때 0.9190 으로 나타났다.

發熱量은 순수 輕油일때 10,600kcal/kg 에서 油菜油 混合比率을 增加시킴에 따라 減少되어 油菜油 50% 混合油일때가 10,130kcal/kg 이었고, 순수 油菜油일때 9720kcal/kg 으로 나타나, 混合油의 發熱量은 輕油의 96% 程度였다.

引火點은 순수 輕油일때 61℃ 였으나, 油菜油의 混合比率이 增加됨에 따라 上昇하여 油菜油 50% 混合油일때가 92℃ 였고, 순수 油菜油일때 318℃ 로 나타나 混合油의 引火點은 輕油보다 31℃ 높고 순수 油菜油보다는 226℃ 나 낮았다.

油菜油 50%의 混合油의 物理的 化學的 特性을 볼때 輕油에 比하여 燃料油로서의 特性은 다소 떨어진다고 判斷되었다.

위 燃料의 特性중 油菜油의 濃度가 增加할수록 粘度가 급격히 增加하여,

이는 燃料로 使用시 여러가지 機關性能을 低下시키는 근본 요인이 된다. 그러므로 粘性을 낮추어 噴霧 粒子의 微粒化를 촉진하는 방법중 燃料를 加熱하는 것이 일반적으로 시도되고 있다. 油菜油와 混合油 및 輕油를 加熱하여, 加熱溫度變化에 따른 粘度變化 樣相을 Peterson(1983)의 實驗結果 및 本 實驗에서 計測한 표 3.1의 測定値를 比較하여 추정한 결과 그림 3.1 과 같이 나타났다.

그림 3.1에서 油菜油 및 輕油의 動粘性은 溫度가 上昇함에 따라 지수함 수적으로 減少되어, 감소율은 油菜油 混合率이 높을수록 크게 나타났다. 機關可動시 噴射裝置 入口의 溫度를 測定해 본 결과, 平均 85℃정도로 나타났다. 이 85℃에 해당되는 점으로부터 垂直線을 그어, 이 垂直線과 만나는 燃料別 粘度는 油菜油의 경우 17cSt이고, 輕油의 경우 0.7cSt정도로 나타났다.

Cummins Engine Company(1983)에 따르면 디젤 기관의 燃料가 噴射에 지장이 없고, 噴霧상태가 좋으며 炭素堆積 등이 일어나지 않는 통상의 安全限界 점도는 40℃에서 5.8cSt이고, 危險限界 점도는 13.1cSt로 規定하고 있다.

이 規定에 따르면, 油菜油 50% 以上 混合시 危險規定을 超過하며 油菜油 30% 이하의 경우 安全함을 알 수 있다.

그러나 噴射 노즐 入口에서, 機關의 燃燒熱 傳達에 의한 上昇溫度 85℃ 를 기준으로 하면, 油菜油 60% 以下の 경우 機關의 安全運轉이 可能함을 나타내고 있다.

따라서 混合油의 特性으로 볼때, 디젤機關의 燃料로서 使用 可能하며 단지 粘度를 조금 낮추고, 噴射壓力을 높이며, 壓縮比를 크게 하면 劣惡한

燃料라도 微粒化가 良好하여 正常燃焼를 할 수 있으므로, 위 기능을 수행 할 噴射 補助 裝置등의 수단을 講究한다면 보다 效果的일 것으로 思料되었다.

Table 3.1 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

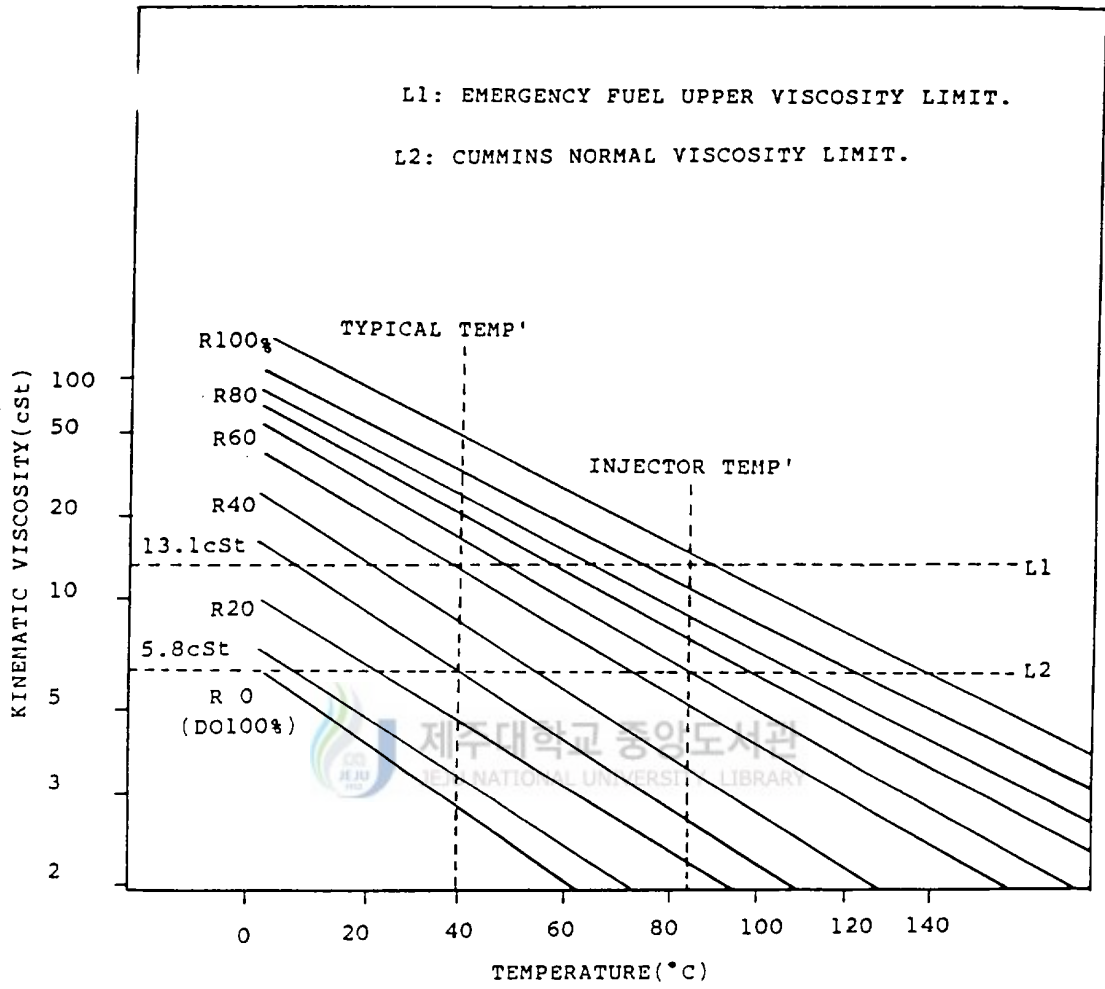


Fig. 3.1 Viscosity vs temperature for rape-seed oil blends.

2. 運轉特性

機關의 始動 및 運轉特性을 確認하기 위해, 처음에는 輕油로서 始動 및 運轉 特性을 調査한후, 機關이 완전히 冷却된 狀態에서 混合油를 使用하여 始動하였다.

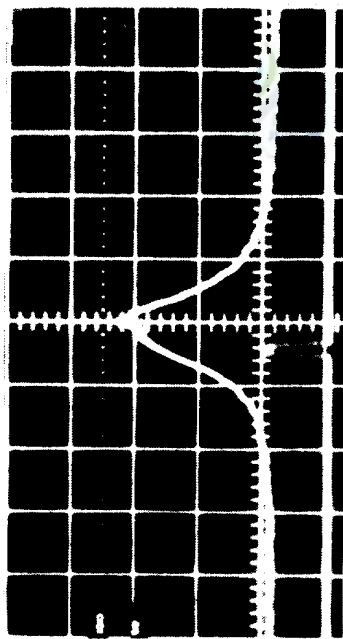
이 結果 輕油때와 같이 始動狀態와 運轉 安全性은 매우 良好하였다.

1) P- θ 線圖

피에조 압력 센서에 의한 실린더內 壓力變化를, 增幅器를 통해 오실로스코프에 연결하여 機關爆發시의 실린더 內壓 P와 크랭크 각도 θ 와의 관계를 捕捉한 P- θ 선도가, 기관회전수에 따라 그림 3.2(A)-(D)에 나타나 있다. 그림에는 혼합유의 P- θ 선도와 비교 하기위해 경유만 사용했을시의 P- θ 선도도 함께 나타냈다.

각 회전수에 따른 P- θ 선도중에서 대표적인 경우, 즉 그림 3.3의 1,500 rpm의 혼합유와 경유의 P- θ 선도를 비교하였을때, 混合油의 最高爆發壓力은 輕油의 最高爆發壓力보다 약 4 kg/cm^2 정도 높게 나타났으며, 그 이외의 연소과정은 輕油의 燃燒狀態에 비해 混合油의 P- θ 線圖상에 별다른 점은 발견할 수 없다.

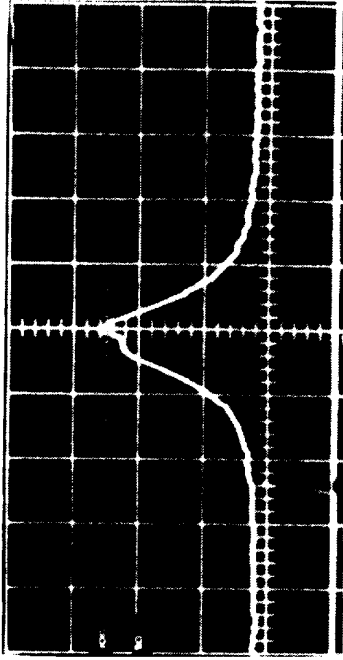
爆發에 의한 일량은 壓力 P와 실린더 容積 V와의 곱으로 나타나기 때문에, 실린더 容積이 일정한 상태에서 일량의 增加는 壓力 P에 比例하므로, 그림 3.2 (A)-(D)에서 볼수 있듯이 混合油쪽이 最高爆發壓力이 약 $2\sim 4 \text{ kg/cm}^2$ 정도 높게 나타났으므로, 機關回轉數가 增加함에 따라 일량은 增加하였는데 이는 뒤에 實驗한 機關出力 增加현상과 일치하여 燃料油로서의 運轉特性은 양호하다고 볼 수 있고, 이것은 이미 報告된 실험결과(飯本等:1980)와 거의 비슷하다.



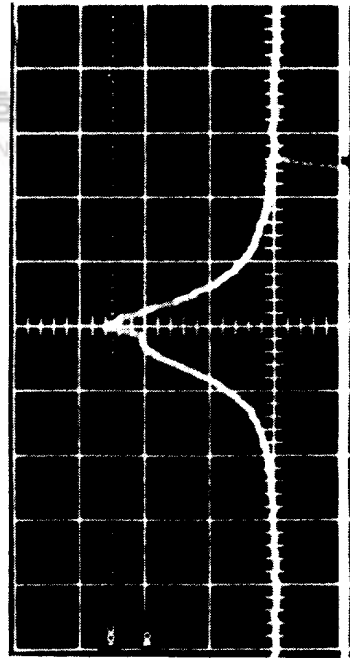
10 kg / cm²
0 kg / cm²

제주대학교
JEJU NATION

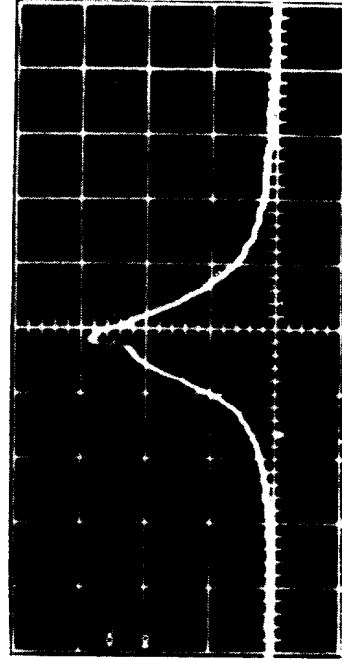
diesel oil



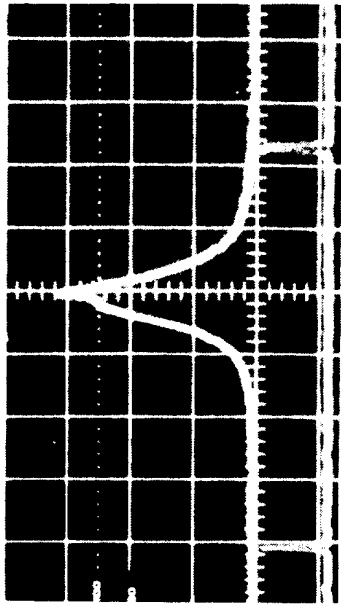
diesel oil



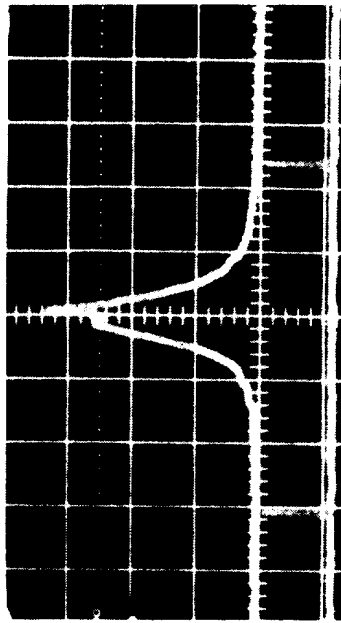
blend oil (50%)
(A) 900 RPM



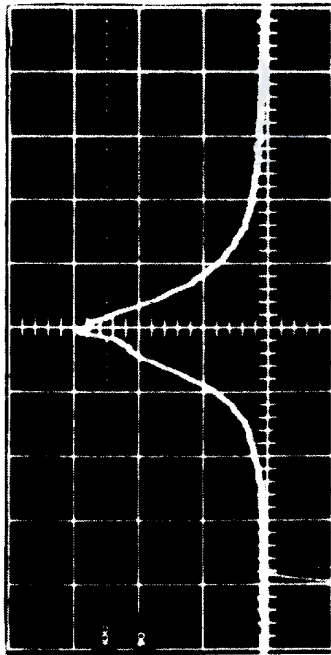
blend oil (50%)
(B) 1300 RPM



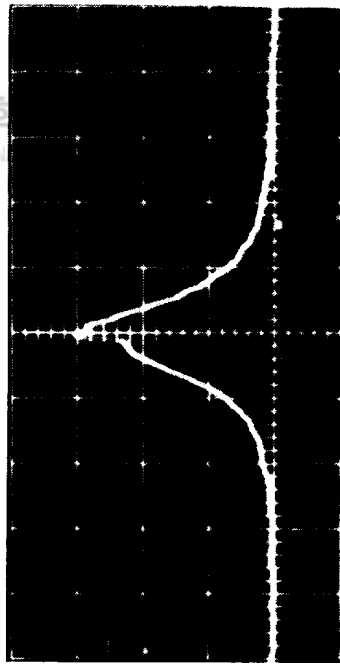
diesel oil



blend oil (50%)
(D) 1900 RPM



diesel oil



blend oil (50%)
(C) 1500 RPM

Fig. 3.2 P-θ diagram by diesel oil and blend oil.

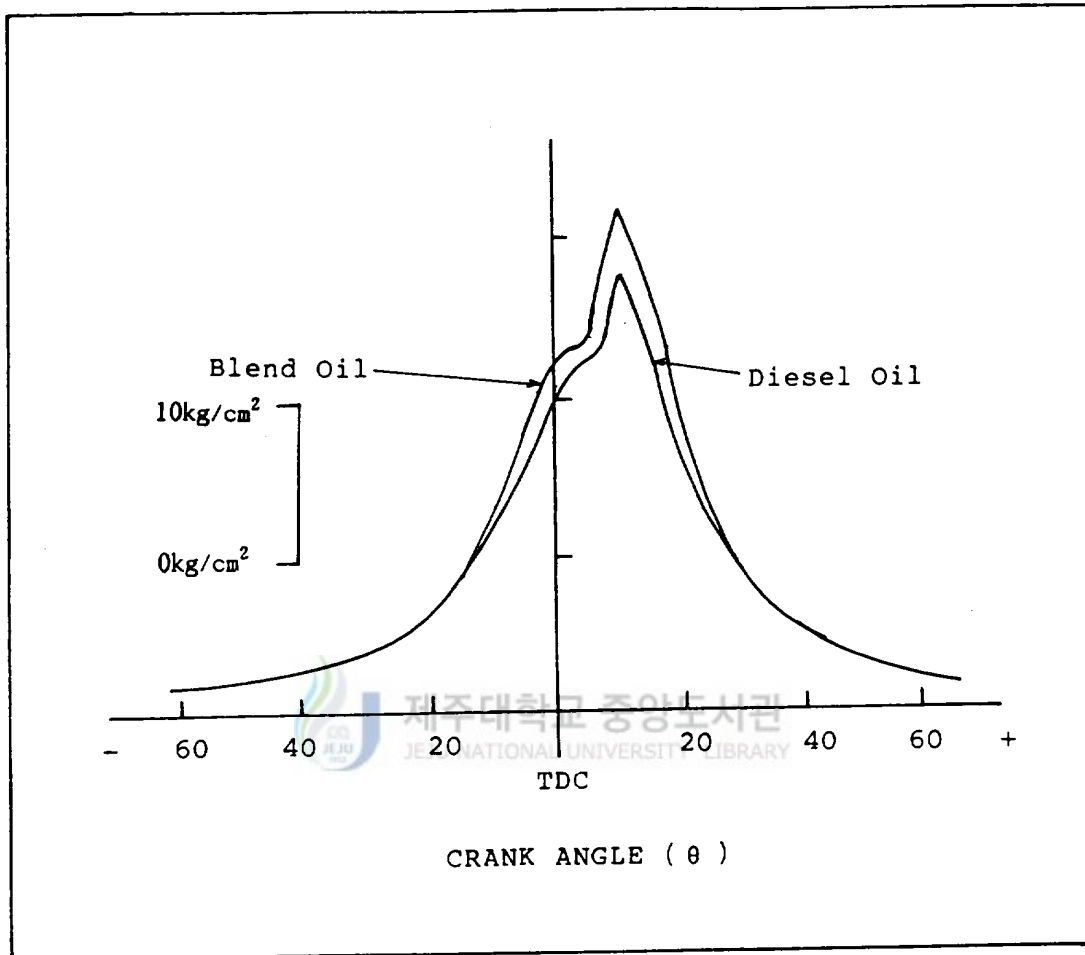


Fig. 3.3 P- θ diagram of diesel oil and blend oil for 1,500 rpm.

2) 機關性能

各 回轉數에 따른 制動馬力, 토오크, 燃料消費率, 排氣溫度, 騒音, 熱效率 등에 대한 關係를 計測하여 作成한 機關性能 曲線이 그림 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10에 表示 되어 있다.

① 制動馬力: 本 實驗에서는 Control Box를 통하여 자동 계측되었지만, 制動馬力을 算出하는 한 방법으로, 吸收式 動力計를 使用하여 機關구동축의 토오크(회전력)와 그의 회전속도(회전수)를 측정하면, 그 기관의 制動馬力을 다음식으로 계산할 수 있다.

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

P_e : 제동마력, T : torque(kg.m), N : 회전수(rpm)

그림 3.5에서 제동마력은 輕油와 混合油 모두에 대하여 回轉數의 增加와 더불어 增加하였으나, 輕油때보다는 混合油 쪽이 機關回轉數 全般에 걸쳐 平均 7.5% 程度로 輕油보다 약간 높게 나타났다.

이것은 爆發壓力의 增加로 인한 일량의 增加이며, Ziejewski 와 Kaufman (1983)의 實驗結果와도 일치하며, 低速에서 出力차이가 커지는 경향은, 燃燒하는데 필요한 時間이 증가하는데 기인한 것으로서, 混合油에 유리하게 作用하는듯 하다.

② 토오크(Torque): 機關의 出力을 토오크에 의하여 表示할때, 실린더內의 壓力 P (Kg/cm)가 반경 R (m)의 크랭크암에 수직으로 작용하여 N 회轉 (rpm)할때, 크랭크축이 行하는 일량 W (Kg.m)는, $W=2\pi \cdot P \cdot R \cdot N$ (kg.m/min)로 계산되므로 制動馬力은

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

上式에 있어서의 $P \cdot R$ 를 토오크라 하며 이것을 T 로 表示하면,

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

따라서 $P_e = 0.001396T \cdot N$ (PS) 이다. 즉, 理論적으로 토오크는 機關의 回轉速度에 영향을 받지 않으며, 制動馬力은 회전속도에 比例하여 直線的으로 增加하게 되는데, 實際에 있어서는 그림 3.4에 回轉速度에 의하여 토오크는 變化하고, 高速時보다 中速時의 토오크가 크게 된다.

이것은 中速時의 吸氣時間이 길기 때문에 容積效率이 향상하고, 最高壓力이 높아짐과 아울러, 고속時에 있어서 機械損失이 증가하는 등의 이유때문이며, 그림 3.7의 N_e 부근에서 最高로 되는 토오크도 회전수가 더욱 增加하면 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 空氣의 流入 慣性效果가 작아서 容積效率이 低下하기 때문이다. 토오크와 出力性能曲線 相互의 關係는, 그림 3.4에 있어서 出力曲線上의 任意의 1점과 좌표축의 原點 0 를 맺는 직선이 가로축과 이루는 角을 θ 라 하면 앞에 식으로 부터,

$$\tan\theta = 0.001396T = P_e/N_e$$

따라서 $\tan\theta$ 는 T 에 비례한다. 原點을 통하는 P_e 곡선의 接線을 그으면 a 에서 접하고 따라서 회전수 N_e 로 機關을 운전할 때에 이 機關은 最大토오크를 發生하게 된다.

그리고 燃料消費率도 이 부근에서 最小로 되므로 N_e 는 經濟出力을 유지하기 위한 回轉速度이다.

그림 3.6에서 보이는 바와 같이 토오크는 輕油에 비하여 機關回轉數 전반에 걸쳐 平均 3.4% 程度로 낮게 나타났는데, 이것은 混合油의 粘性이 높아 噴射時 霧化狀態가 나쁘게 된 結果로, 壓縮比를 높이거나 豫熱을 시키는 등의 噴射補助裝置를 設置하는것이 필요할 것으로 思料된다.

③ 燃料消費率: 단위시간당 消費되는 燃料消費量을 出力 1PS당으로 나타낸 燃料消費率은, 機關의 經濟性을 비교하는 數値로서 그림 3.4와 같은 樣相을 보이며 燃料消費率이 낮으면 良好하다.

그림 3.7에서 보듯이 燃料消費率은 豫想했던 대로 混合油가 輕油보다 平均 3.3% 程度 높았다.

機關回轉數 900RPM 에서 最大값을 보였고, 回轉數가 增加함에 따라 減少하다가 機關回轉數 1,700 RPM 에서 最少로 되었으며, 以後부터는 서서히 增加하였다.

混合油의 燃料消費率이 높은 理由로는, 混合油의 發熱量이 輕油에 比하여 작기 때문인 것으로 思料되며, 大部分의 植物油는 이와 비슷한 樣相을 보인것으로 報告되고 있다. (居垣 等, 1977; 田村, 1937; Pryor, *et. al.*, 1983)

④ 排氣溫度: 排氣溫度는 機關과 過給機를 설치한 機關의 耐久度를 決定하는 중요한 要素이며, 機關의 性能을 판단하는 基準으로 되어 있다. 排氣溫度로서 燃燒室內的 爆發壓力의 程度를 가늠할 수 있으며, 正常値와 比較하여 너무 낮으면 燃料의 燃燒性이 나빠 爆發이 제대로 이루어지지 않기 때문이며, 排氣色이 좋은 경우를 제외하곤 燃料의 燃燒性에 疑問이 제기된다.

반대로 너무 높을 경우에는 後期燃燒가 있음을 뜻하며 燃燒狀態가 나쁨을 알 수 있다. 安定된 正常運轉을 계속할 경우에는 平均排氣溫度가 실린더의 일에 대략 비례한다.

그림 3.8에서 排氣溫度는 輕油, 混合油 모두 機關回轉數의 增加에 따라 增加하는 傾向을 보였으며, 混合油의 排氣溫度가 平均 16.8℃ 程度로 높게 나타났다.

이것은 야자油와 輕油를 混合油로 實驗을 한 報告(居垣 等, 1981)와 거의 일치하며, 混合油는 P-θ 찰취시의 最高爆發壓力 增加와 關聯하여 高速回轉, 高負荷 領域에서 燃燒狀態가 良好하고 熱效率이 增加하리라고 思料된다.

⑤ 騒音: 機關運轉의 靜肅性을 알아보기 위한 騒音은 爆發音이나 치차의 구동, 캠이나 밸브 구동機構의 音響, 震動音등이 複雜하게 混合하여서, 燃燒가 良好한 경우에는 리드미컬한 快音으로 들리지만, 순조롭지 않을 경우에는 震動을 同伴하고 리듬이 흐트러진다.

震動과 音響이 점차 增大하는 경우에는 녹킹(Knocking)등 不完全 燃燒의 要因으로 볼 수 있다.

그림 3.9에서 騒音 計測結果는 大體적으로 輕油와 混合油 兩者간에 큰 차이가 없었으며 1,500rpm 부근에서 混合油의 騒音이 일시적으로 약간 커지는 狀態를 보였다.

⑥ 熱效率: 熱效率은 1 사이클 중에 發生한 일을 供給 熱에너지로 나눈 값을 말하며, 燃料消費量과 使用燃料의 低位發熱量을 알면 구할 수 있다.

그림 3.10에서 熱效率은 1,300rpm 以下에서는 輕油가 약간 높게 나타나다가, 1,500rpm 부터는 混合油가 사용연료 소비량에 대해 출력에 현저하게 증가하므로 인하여 경유 사용시 보다 높은 값을 보였고, 1,700rpm 부근에서 輕油, 混合油의 制動熱效率이 각각 23.6%, 23.5% 로 가장 큰 값을 나타내고는 以後 다시 減少하는 傾向을 띠었다.

이 결과 역시 混合油의 사용은 高速回轉, 高負荷시에 유리함을 예측할 수 있다.

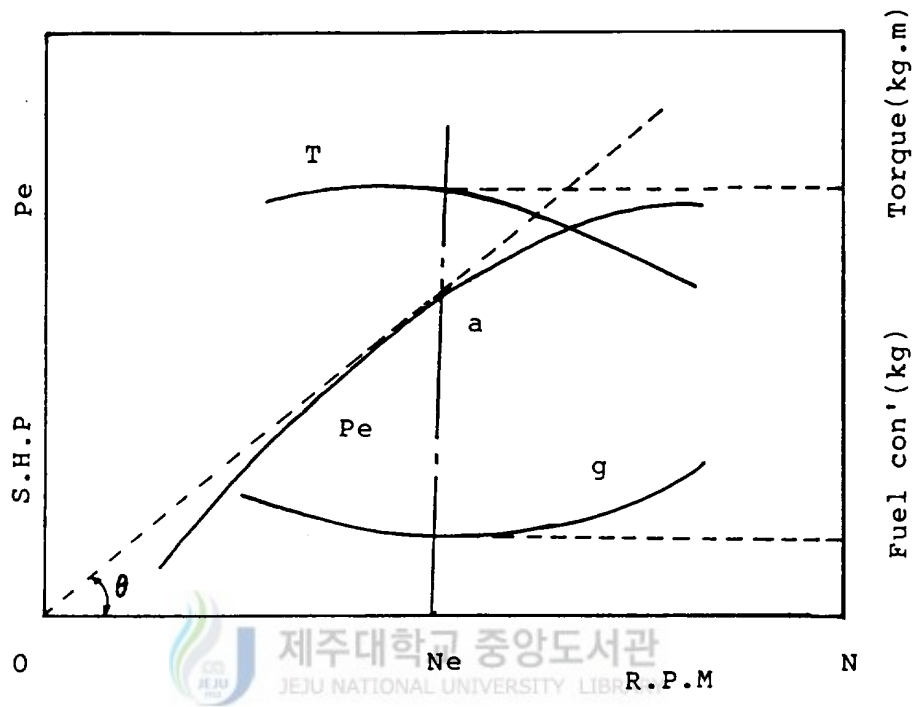


Fig. 3.4 Relationship between torque and power.

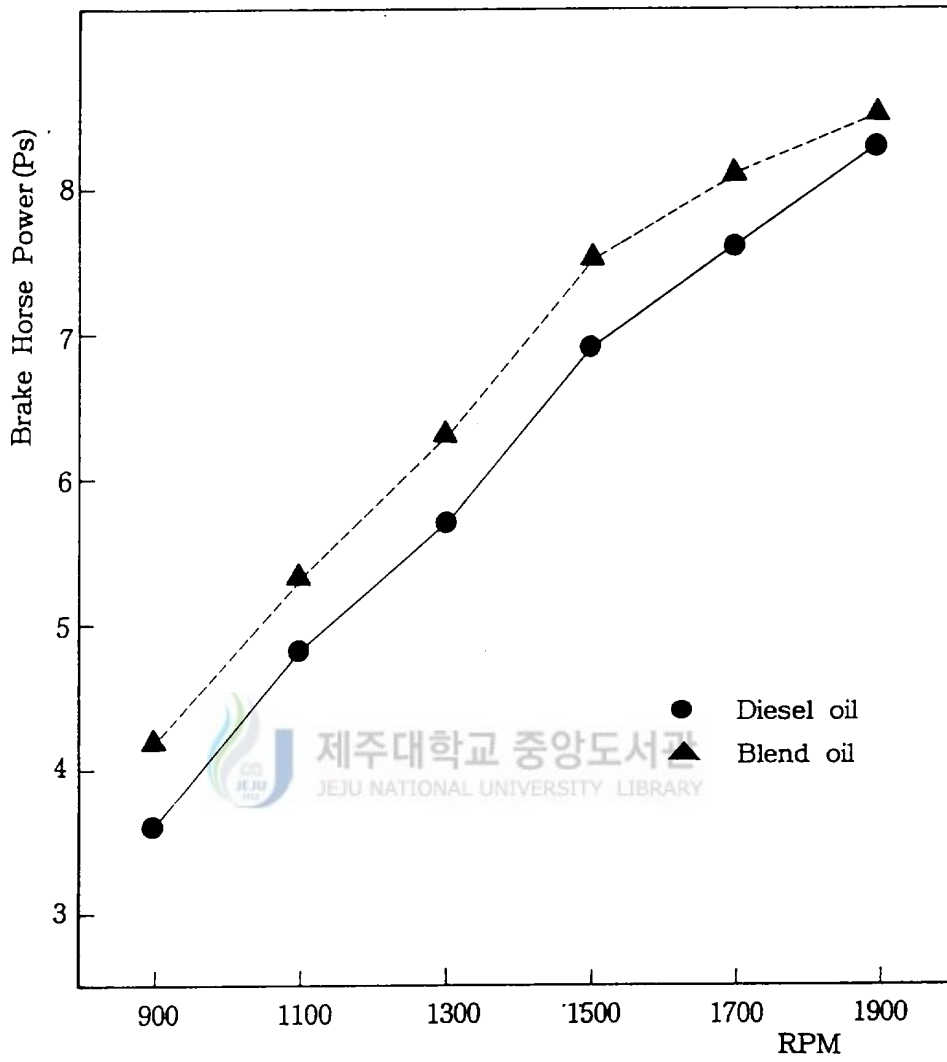


Fig. 3.5 Relationship between rpm and brake horse power.

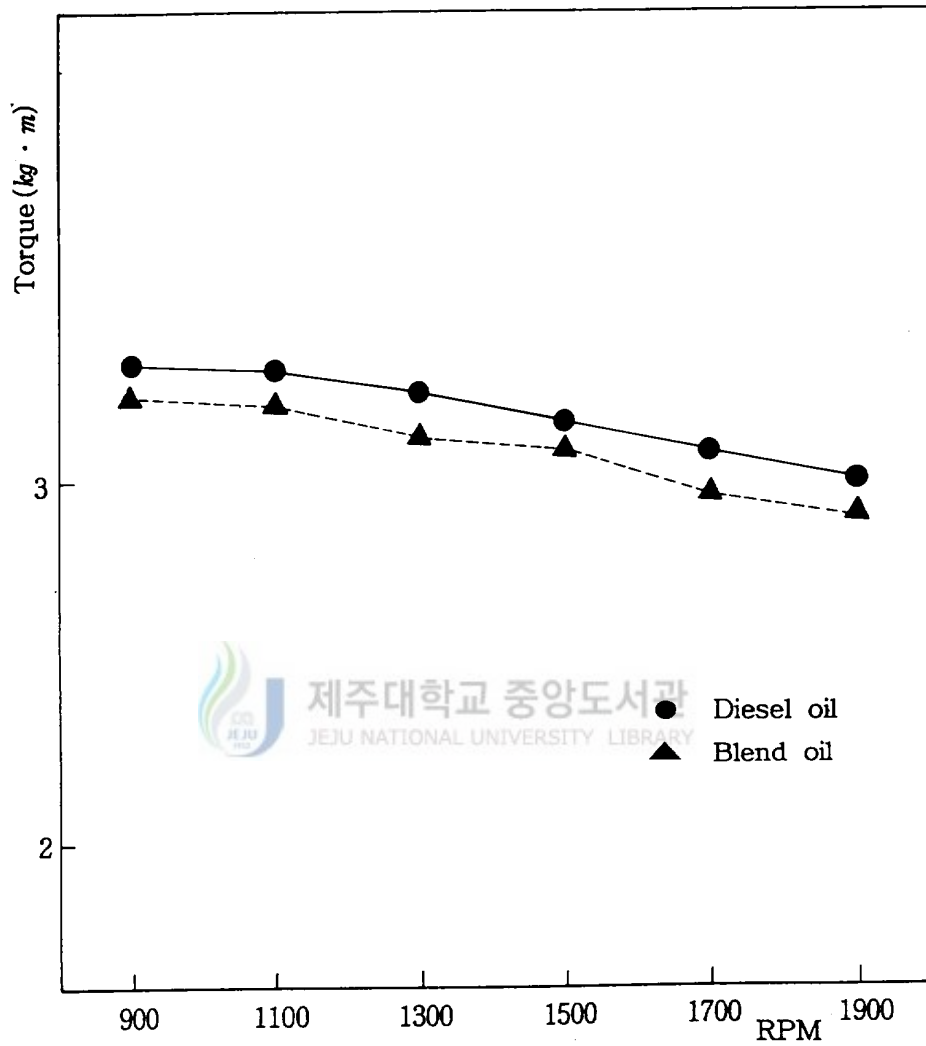


Fig. 3.6 Relationship between rpm and torque.

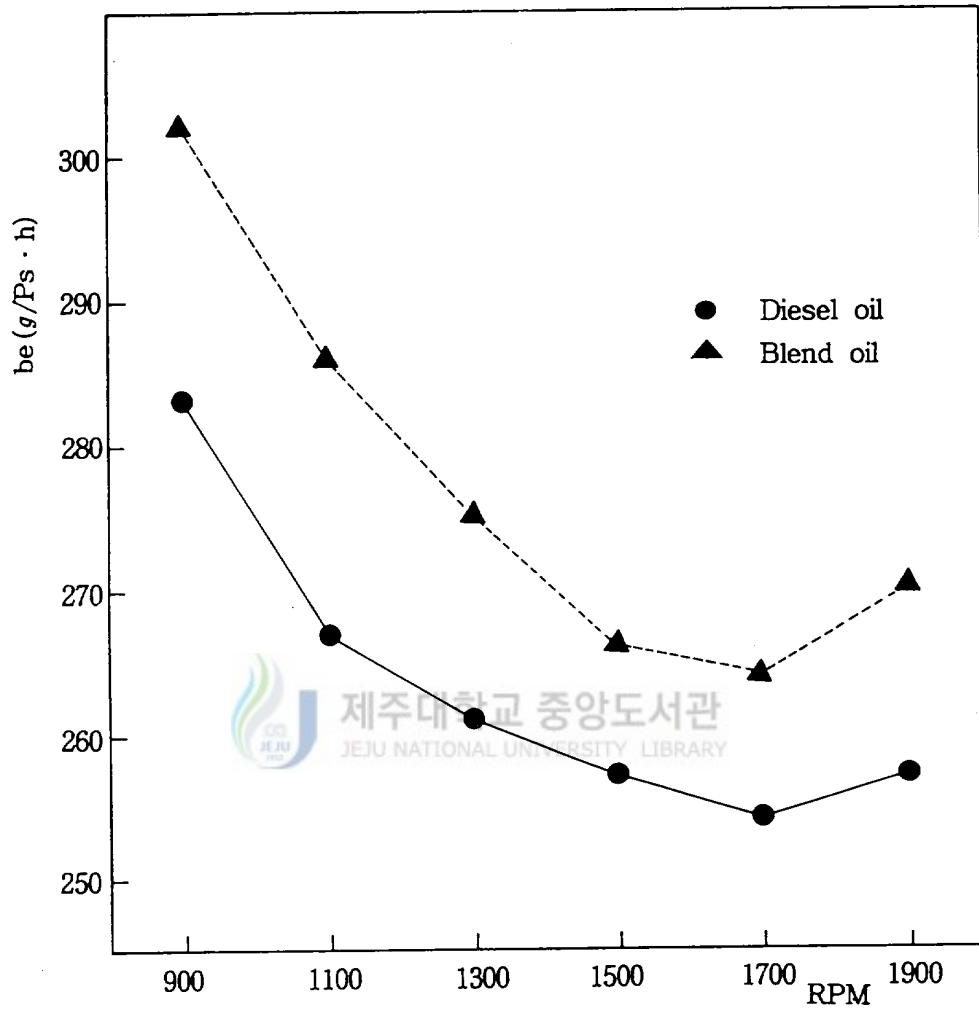


Fig. 3.7 Relationship between rpm and specific fuel consumption.

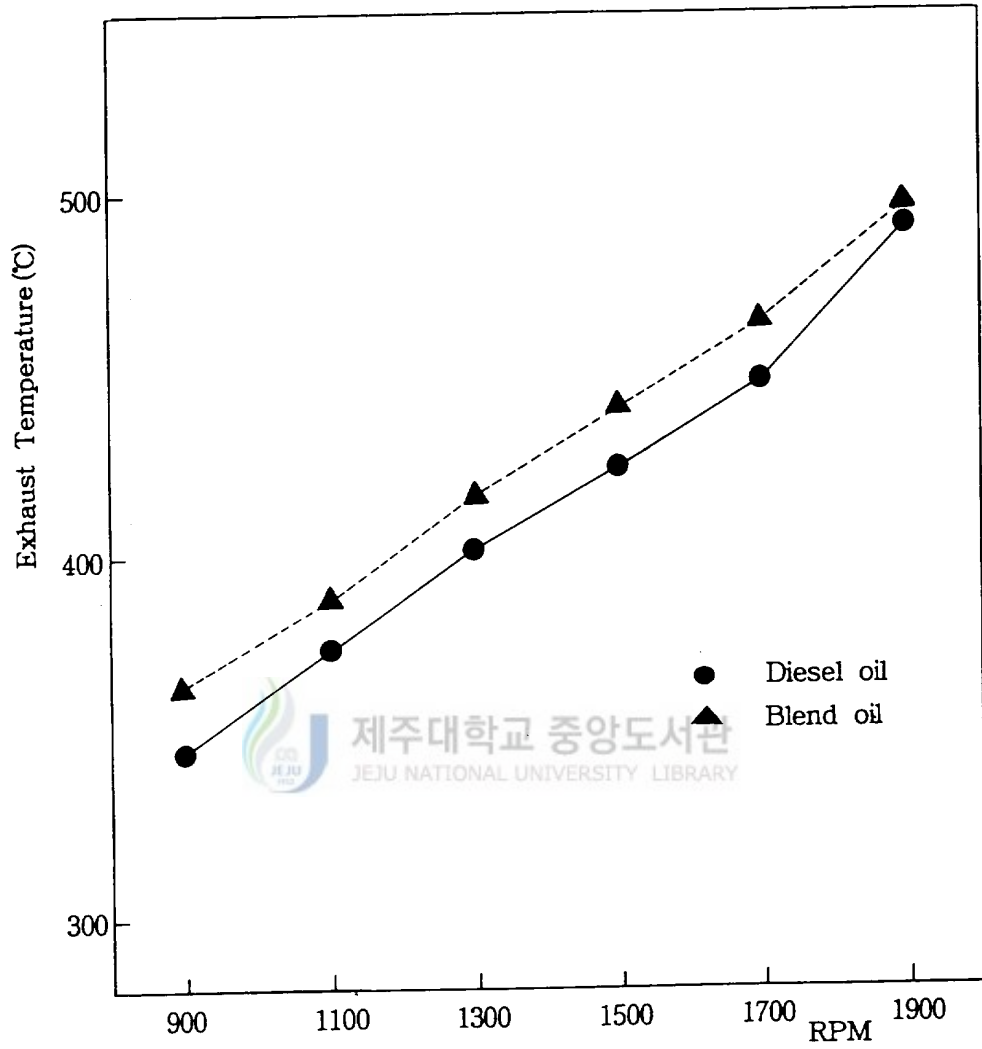


Fig. 3.8 Relationship between rpm and exhaust temperature.

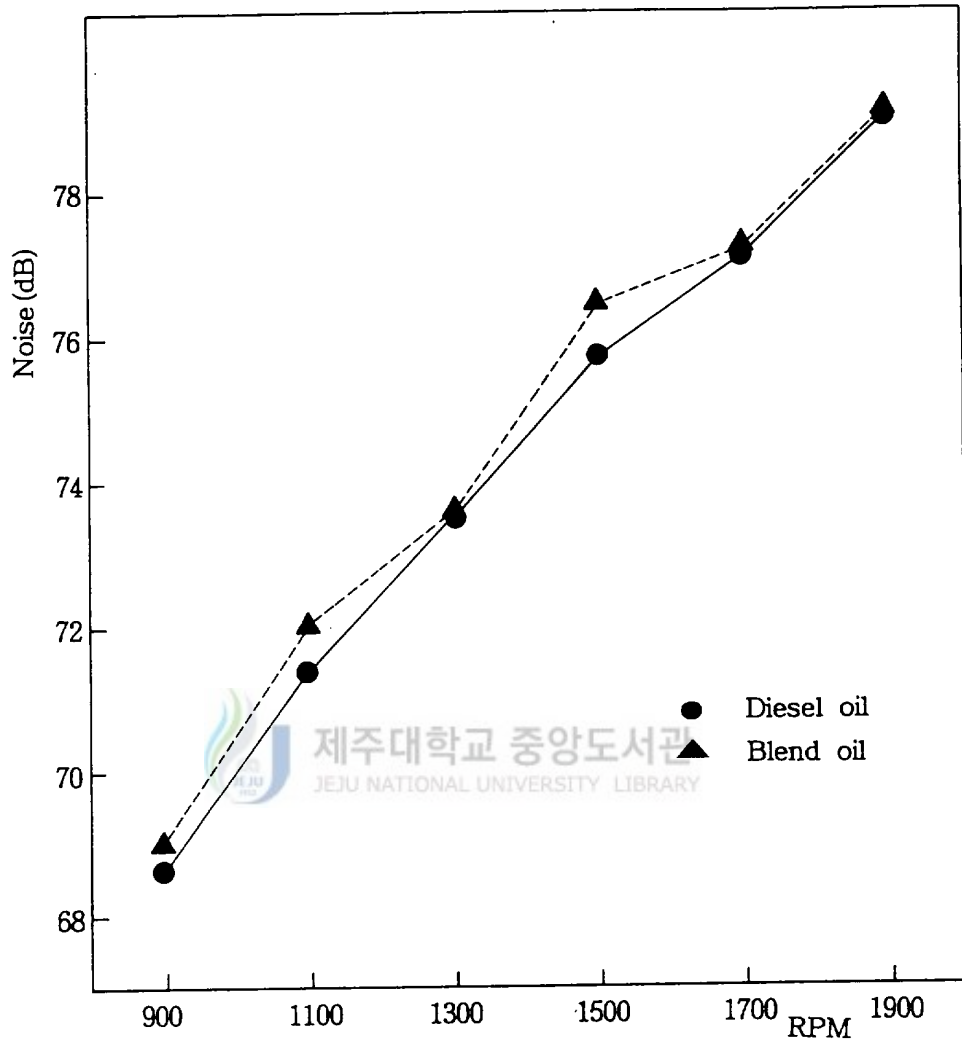


Fig. 3.9 Relationship between rpm and noise.

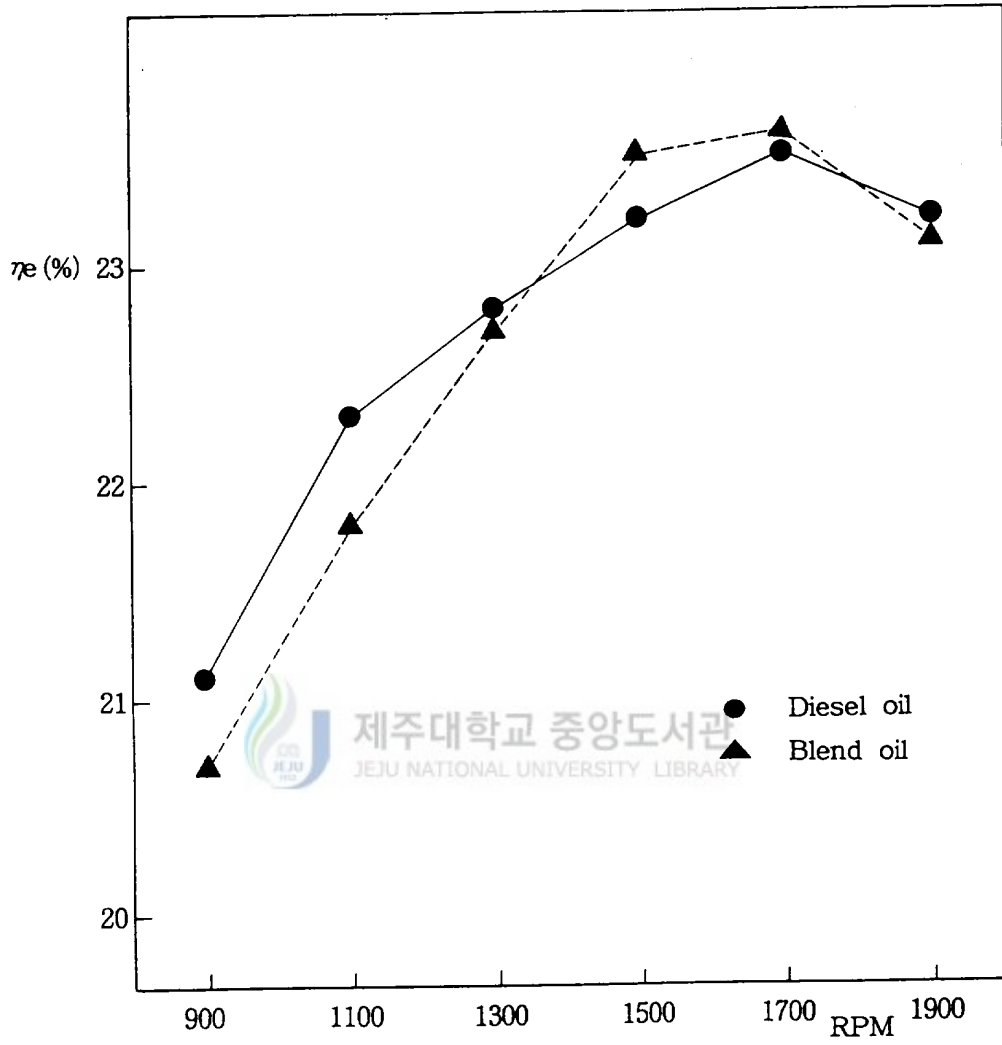


Fig. 3.10 Relationship between rpm and brake thermal efficiency.

IV. 結 論

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 調查 分析하고, 混合油를 디젤機關의 改造없이 燃料油로 使用했을때 디젤機關性能에 미치는 影響을 究明하고자 各種 機關性能實驗을 行하였던 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 輕油에 比하여 各各 4.4% 와 6.6% 程度의 輕微한 차이를 보였으며, 混合油의 粘度는 15.73 cSt로 輕油 粘度 보다 4.5倍 程度 큰 값이었으나 油菜油 100% 보다는 3.2倍 程度 낮은 값이었다.

2) P-θ선도를 찰취한 結果 混合油 사용시, 輕油를 使用하였을때에 比하여 最大爆發 壓力은 全 運轉 條件下에서 2~4kg/cm²정도로, 比較적 높게 나타나므로서 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 混合油쪽이 輕油에 比하여 各各 7.5% 와 3.5%, 3.9% 程度로 높았고, 熱效率과 騒音은 混合油와 輕油가 大體적으로 같은 값을 나타냈다.

4) 토오크는 混合油쪽이 輕油에 比해 機關回轉數 全般에 걸쳐 3.4% 程度 낮은 狀態를 보였는데, 이는 混合油의 諸特性상 燃燒狀態가 나쁘게 되어지

기 때문이라고 思料된다.

以上の 結果에서, 混合油를 디젤機關의 改造없이 바로 燃料油로 使用하였을 경우, 燃料油로서의 劣惡한 條件에도 불구하고 輕油를 使用할때와 거의 類似한 運轉特性을 보임으로써, 向後 石油 賦存資源의 枯渴에 處하여 經濟性이 뒷받침 되었을때, 代替에너지로서 利用 可能하다고 思料된다.



V. 參 考 文 獻

- Adams, C., J. F. Peters, M. C. Land, B. J. Schroer and M. C. Ziemke, 1983. Investigation of soybean oil as a diesel fuel extender: endurance test. *JAOCS.*, 60(8). 574-1579.
- Akor, A. J., W. J. Chancellor and N. Raubach, 1983. The potential of palm oil as a motor fuel. *Trans. ASAE.*, 26(1). 23-28.
- Auld, D. L., B. L. Bettis and C. L. Peterson, 1982. Production and fuel characteristics of vegetable oil from oilseed crops in the pacific northwest. In: *Vegetable oil fuels*, ASAE, Michigan. 92-96.
- Forgiel, R. and K. S. Varde, 1981. Experimental investigation of vegetable oils utilization in a direct injection diesel engine. *SAE, paper.*, 811214. 59-66.
- Geyer, S. M., M. J. Jacobus and S. S. Lestz, 1984. Comparison of diesel engine performance and emissions from neat and transesterified vegetable oils. *Trans. ASAE.*, 27(2). 375-381.
- Goering, C. E., A. W. Schwab, M. J. Daugherty, E. H. Pryde and A. J. Heakin, 1982. Fuel properties of eleven vegetable Oils. *Trans. ASAE.*, 25(6). 1472-1483.
- Goering, C. E. and M. J. Daugherty, 1981. Energy accounting for eleven vegetable oil fuels. *Trans. ASAE.*, 25(5). 1209-1215.
- 정동수, 1989. 자동차用 原動機의 代替에너지別 特性 및 展望. *大韓機械學會誌*, 29(6). 627-635.

- Kaufman, K. R., H. J. Klosterman and J. R. Walter, 1981. Highway, fuel economy of gashol and unleaded gasoline. In : Agricultural energy, ASAE, Michigan. 397-399.
- 고장권, 1984. 混合燃料을 사용한 小型디젤機關의 性能에 관한 研究 (3). 韓國漁業技術學會誌, 20(2). 127-132.
- 고장권, 1987. 代替燃料로서 油菜油를 사용한 小型農用디젤機關의 性能向上에 關한 實驗的 研究. 博士學位論文, 경상대학교.
- 고장권, 1992. 代替燃料을 사용할 경우의 디젤機關의 性能向上에 關한 研究. 韓國舶用機關學會誌, 16(5). 409-422.
- 고장권, 허종철, 1984. 混合燃料을 사용한 小型디젤機關의 性能에 關한 研究(2). 濟州大學 論文集, 18 : 147-151.
- 고장권, 전효중, 1981. 小型舶用 디젤機關用 代替燃料로서의 菜種油에 關한 研究. 韓國舶用機關學會誌, 5(2). 56-61.
- 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 : 14-15.
- 이철형, 1989. 代替에너지를 利用한 動力發生裝置의 開發現況. 大韓機械學會誌, 29(6). 636-641.
- 이진우, 최재성, 전효중, 1987. 豫燃燒室式 디젤機關의 運轉條件變化에 따른 熱發生率 形態變動에 關한 考察. 韓國舶用機關學會誌, 11(3). 31-44.
- 이성열, 1989. 代替에너지 利用 熱原動機의 研究開發動向. 大韓機械學會誌, 29(6). 618-626.
- 松本博己, 居垣千尋, 1985. バーム油のディゼル機關における燃料噴射特性. 日本農業機械學會關西支部報, 57 : 1-4.

- Peterson, C. L., 1986. Vegetable oil as a diesel fuel, status and research priorities. *Trans. ASAE*, 29(5). 1413-1422.
- Peterson, C. L., D. L. Auld and R. A. Korus, 1983. Winter rape oil fuel for diesel engines : recovery and utilization 1. *JAOCS*, 60(8). 1579-1587.
- Peterson, C. L., G. L. Wagner and D. L. Auld, 1983. Vegetable oil substitutes for diesel fuel. *Trans. ASAE*, 26(2). 322-327,332.
- Quick, G. R., 1980. Developments in use of vegetable oils as fuel for diesel engines. *ASAE, paper*, No.80-1525 R.
- Strayer, R. C., J. A. Blake and W. K. Craig, 1983. Canola and high erucic rapeseed oil as substitutes for diesel fuel : preliminary tests. *JAOCS*, 60(8). 1587-1596.
- Tahir, A. R., H. M. Lapp and L. C. Buchanan, 1982. Sunflower oil as a fuels. *ASAE Michigan*. 82-91.
- 竹田第三, 1979. 農用機関における代替燃料の開発. *内燃機関*, 18(19). 9-14.
- 竹田第三, 青山幸生,等. 1980. ユカリ油の火花点火機関への應用. *日本農業機械學會關西支部報*, 48 : 12-13.
- 山崎信行, 宮本 登, 村山 正, 1983. 燃料の加熱が ディーゼル機関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*, 49(444). 1810-1817.
- Ziejewski, M. and K. R. Kaufman, 1983. Laboratory endurance test of a sunflower oil blend in a diesel engine. *JAOCS*, 60(8). 1567-1573.

감 사 의 글

본 논문을 완성하기까지 세심한 지도로 끝까지 보살펴 주신 허 증철 지도 교수님의 은혜에 깊은 감사를 드리며, 전 석사과정을 통해 실질적인 연구수행에 많은 도움을 주셨던 고 장권 박사님께도 깊은 감사를 드립니다.

또한 본 논문의 심사와 학업과정중 귀중한 조언을 해주신 기관공학과 교수님들께도 심심한 감사를 드립니다.

그리고 등고등락을 같이한 강 희량 원생외 모든 대학원생들에게도 고마움을 전하며, 실습선 근무 시절 어려운 여건속에서 공부할 수 있도록 많은 배려를 해주신 한라호 전 승무원들께도 진심으로 감사를 드립니다.

깊어가는 가을, 오늘이 있기까지 가장 가까운 곳에서 인내하며 도와준 사랑하는 아내와 귀여운 두 아들 영호, 영석이와 함께 이 소중한 기쁨을 오래도록 기억하고자 합니다.

끝으로 대학원 진학에 물심양면으로 애써주셨던 작고하신 아버님의 영전에 미흡하나마 이 영광을 드립니다.