

小形船用 디젤機關用 代替燃料로서의 菜種油에 관한 研究

高 長 權

A study on the Rape-Seed oil as the Fuel of Small Marine Diesel Engine

Jang-kwon Ko

Summary

Performance tests of domestic small marine diesel engine were carried out, using the rape-seed oil as the substitute fuel and the following results were obtained

- (1) The ability of engine starting was a little inferior to the rape-seed oil, especially in the winter season.
- (2) The indicated specific fuel oil consumption of rape-seed oil was 10~16% more than that of diesel oil and the indicated thermal efficiency of diesel oil was 2~6% better than that of rape-seed oil.
- (3) The exhaust gas temperature of rape-seed oil was 33~47°C lower than that of diesel oil.
- (4) The maximum pressure of rape-seed oil was 3~7% higher than that of diesel oil.

緒 言

1973年の石油波動以來 全世界の으로 에너지 問題가 深刻한 課題로 登場하고 있으며 事實上 1990年代에는 需要가 供給을 앞서게 될 것으로 展望되고 있다. 따라서 石油만으로 에너지 需要를 充足시키지 못할 것임은 周知의 事實이다. 특히 우리나라와 같이 石油埋藏이 전혀 없는 나라에서는 더욱더 에너지 問題가 困難하게 될 것은 明白하다.

한편 이러한 問題點에 對處하기 위하여 先進諸國은 勿論이고 石油 資源이 없는 開發途上國이나 後進國에서도 나름대로 石油에 代身할 수 있는 代替에너지 開發과 에너지 節約에 渾身の 努力을 기울이고 있다. 現在의 추세로 보아 궁극적인 代替에너지로서는 原子核融合에너지와 太陽에너지 등과 같은 1次에너지 및

이로부터 얻은 水素에너지와 같은 2次에너지가 指目되고 있으나 이들 에너지가 普遍化, 實用化 되는 것은 랄라도 20~30年後가 될 것임으로 그때까지의 中間 橋樑役割을 할 수 있는 代替에너지의 開發이 必要하다. 이러한 過渡期의 代替에너지로서 指目되는 것에서 利用 可能量이 큰 것은 石灰, 타야르샌드, 天然가스, 原子核分裂에너지 등이 있고 利用可能량이 적은 것으로는 알코홀, 바이오마스, 動植物 油脂, 薪炭, 木材, 風力, 波力, 潮力, 水力 등이 있다.

本 研究에서는 이러한 代替에너지 開發을 위한 研究의 一環으로서 範圍를 훨씬 좁혀 往復動內燃機關 특히 壓縮點火式 內燃機關의 代替燃料 問題를 檢討하고자 한다.

往復動內燃機關의 窮極的인 代替燃料로서는 水素가 指目되고 있으나 水素를 얻기 위해서는 어떤 方法을 利用 하더라도 많은 에너지를 消費 하므로 現在로서

는 그의 經濟性 때문에 利用이 어려운 形便이다.

現在 불꽃點火機關의 代替燃料로서 가장 脚光을 받고 있는 것은 알코홀이다. 브라질 等에서는 사탕수수로부터 多量의 알코홀을 生産하여 自動車用 燃料로 利用하고 있으며 美國에서는 남아 도는 穀物을 利用하여 生産하는 알코홀을 揮發油에 10%程度 混合하여 가스홀(Gasohol)의 名稱으로 利用하고 있다.

한편 壓縮點火機關用 代替燃料로서는 많은 動植物性 油脂가 擧論되어 왔다. 디젤機關을 發明한 R. Diesel도 落花生油를 薦擧하였다는 記錄이 있으며 美國에서는 落花生油로 트럭터를 運轉하고 있다고 한다. 또한 남아프리카에서는 大規模로 해바라기油를 生産하여 트럭터에 利用하고 있다고 報導하고 있다.

2次大戰中 日本은 디젤機關 代替燃料로서 大豆油(浜部 1939, 岡村 1940, 藤田 1938, 田村1937), 松根油(長尾 1948), 고래油(藤田 1938), 정어리油(岡村 1940, 藤田 1938)等에 關하여 研究한 報告가 있고 最近에는 菜種油(飯本 1977, 竹田 1979)에 關한 研究도 報告되고 있다. 筆者는 이러한 여러가지 디젤機關의 代替燃料 中에서 特別 菜種油에 關하여 代替燃料로서의 特性을 究明하고자 하는 動機는 다음과 같다.

① 油菜는 不順한 氣候나 乾燥에 대하여 抵抗性이 있고 肥沃하지 않은 土地에서도 栽培될 수 있으며 우리나라의 濟州道를 包含한 南部地方의 未開墾土地를 活用할 수 있을 뿐더러 田畝의 二毛作으로 栽培가 可能하다

② 菜種油의 生産性을 높이는 것이 可能하고 搾油率이 大豆의 18%에 比하여 32-33% 程度로 매우 높기 때문에 기름의 生産이 効率的이다.

③ 菜種油는 燃料로서 比較的 좋은 特性을 갖고 있을뿐 아니라 石油와는 달리 貯藏 管理가 매우 便利하고 安全하며 半乾性油이기 때문에 다른 植物性 脂肪

油와는 달리 ぜ리狀으로 되기 어렵다.

④ 農家 스스로 生産供給이 可能하므로 小形農業用 內燃機關의 燃料로서 利用할 수 있다면 自給自足 할 수 있기 때문에 農業經濟에 도움이 될 것이다.

⑤ 油菜는 重要的 密源이 되며 또한 落花나 줄기는 土質改良에 도움을 준다.

이상과 같은 點을 考慮할 때 本研究는 디젤機關 代替燃料의 開發에 寄與함은 勿論이고 農村經濟에 많은 도움을 줄 수 있는데 그 意義를 찾을 수 있다.

本研究는 菜種油의 燃料로서의 物理的 및 化學的 特性, 機關始動性, 運轉安定性, 運轉特性, 他燃料와의 運轉性能 比較試驗 等으로 이루어져 있다.

實驗裝置와 實驗方法

供試機關

供試機關으로서는 本研究의 意義를 살리기 위하여 여러가지 問題點이 있는데도 不拘하고 國產機關을 使用하였다. 機關製作會社는 慶州所在 中央機械工業社로서 取扱書에 記載된 諸元은 Table 1과 같다.

本 機關은 小形漁船用으로 開發된 單氣筒機關으로서 噴射팁을 除外하고는 모든 部分品이 國產製品이다. 主軸 베어링은 롤러베어링이며 逆轉減速 클라치에 의하여 2:1로 減速된다.

始動은 手動始動이며 除壓裝置를 갖추고 있다.

實驗裝置

Fig.1은 實驗裝置의 一般配置를 보여주고 있으며 Fig.2 實驗裝置를 보여주는 사진이다. 本實驗裝置의 重要部分은 다음과 같다.

(1) 動力計測裝置

直流發電機(5KW×1800RPM)를 機關先端 軸리로 驅

Table 1. Principal dimension of experiment engine.

Engine type	4 stroke cycle, Vertical type, Water cooled diesel engine
Bore×Stroke×No. of cyl.	95mmφ×105mm×1
HP×RPM	10×1800
Combustion chamber type	Pre-combustion chamber system
Compression ration	18.2

動하고 電壓과 電流를 計測하여 制動馬力을 計算하였으며 負荷는 最大容量 30Amp의 加減 抵抗器 2台를 並列로 附加하였다.

別途로 指示馬力을 計測하기 위하여 시린더 헤드에 스트레인 게이지式 指壓計를 設置하여 오시로스코우프의 P0波形을 撮取하고 別途로 오시로그래프에 記錄하여 指示馬力을 計算하였다.

(2) 燃料消費量

0.5ℓ의 容量의 메스시린더와 스톱워치를 利用하여 計測하였으며 正確性을 期하기 위하여 3回 反復 計測한 다음 이것의 平均値를 取하였다.

(3) 排氣溫度

排氣管에 白金, 로디움 熱電對를 設置하여 起電力을 微小電壓計로 計測하고 기름을 利用하여 이를 較正한 다음 溫度로 換算하였다. 溫度 算式은 다음과 같다.

$$y = 120.9722x + 32.46863 (^{\circ}\text{C})$$

단 y 는 溫度($^{\circ}\text{C}$), x 는 電壓(mV)

(4) 回轉速度

電子式 回轉計와 機械式 回轉計를 併用하여 計測하고 別途로 오시로그래프의 記錄에 依하여 確認하는 方法을 取하였다.

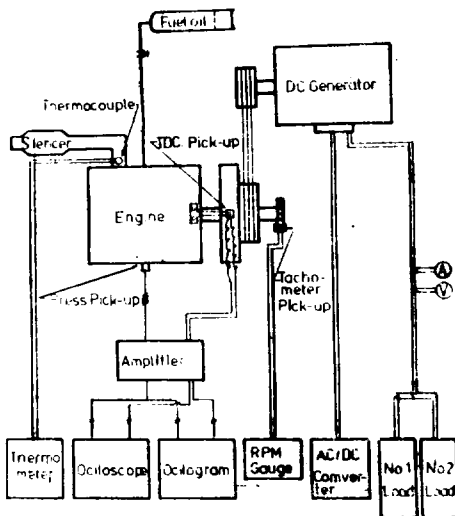


Fig. 1. General arrangement of apparatus of experiment.

(5) 騒音

機關의 運轉騒音을 計測하는데 音響測機(株)(日本)의 普通 騒音計를 利用 하였으며 이 때 騒音機의 位置는 供試機關으로부터 約 3.5m 程度 떨어져 높이는 1m 程度로 하여 測定하였다.

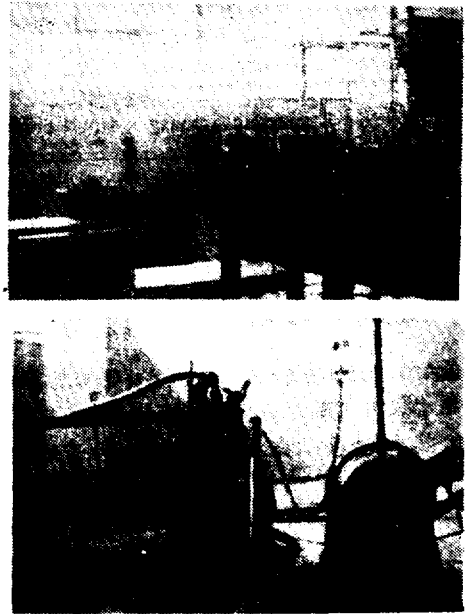


Fig. 2 Apparatus of experiment.

實驗 方法

周邊 環境에 따른 始動性과 運轉安定性을 比較檢討하기 위하여 1980年 9月부터 運轉試驗을 始作하여 1981年 8月까지 試驗을 繼續하였다. 運轉試驗은 먼저 菜種油를 利用하여 100RPM 부터 始作하여 100RPM 間隔으로 施行하고, 負荷는 負荷電流 零에서 始作하여 發生電壓을 參照하면시 漸次 增加시켰다. 모든 特性值計測을 各 回轉數에서 機關의 運轉狀態가 安定된 다음 行하였으며 디젤油에 依한 運轉도 性能比較가 可能하도록 回轉數와 負荷狀態가 菜種油와 같은 狀態에 計測하였다.

實驗結果 및 考察

菜種油의 特性

菜種油의 燃料油로서의 物性和 關係되는 物理的, 化學的 特性에 關하여 試驗한 結果는 Table 2와 같으며 比較의 便宜를 위하여 디젤油의 特性도 함께 比較하였다. 表2에서 보는 바와 같이 菜種油는 比較

Table 2. Character ratio of rape-seed oil and diesel oil

Item→ Kind of oil	specific gravity (20°C)	flash point (°C)	viscosity Tem. (100°F sus)	pour point (°C)	low calorific power (cal/g)
Rape-seed oil	0.919	320	220	-20.0	9700
diesel oil	0.835	61	37	-27.5	10600

始動性和 運轉安定性

菜種油의 噴霧狀態를 確認하기 위하여 手動 噴射를 시켜본 結果 噴射壓力 270kg/cm² 程度에서 良好한 噴霧狀態를 보였으며 火炎을 接近 시켰을때 着火燃燒狀態도 良好하였다.

機關始動性を 確認하기 위하여 菜種油와 디젤油를 交代로 使用하여 機關이 完全히 冷却된 狀態에서 始動한 結果 夏季에는 거의 差異를 볼 수 없었으나 冬季에는 디젤油가 4~5回轉 程度의 手動回轉後에 着火始動 한데 反하여 菜種油는 7~10回轉의 手動回轉이 必要하며 若干 어려움을 經驗하였다. 始動後의 運轉安定性은 전혀 差異를 發見할 수 없었다.

機關運轉性能

菜種油와 디젤油에 依한 運轉狀態에서 오시로스 코프에 依해 撮影된 Pθ線圖를 Fig.3에 提示하였다. 또한 오시로그림에 依하여 撮取된 Fθ線圖를 Fig.4에 보이며 指示馬力은 이들로부터 計算하였다.

(1) 指示馬力, 燃料消費率, 熱效率 및 機械效率의 計算

直記式 오시로그림으로 撮取된 Iθ線圖의 死點間을 任意 等分하여 上死點前의 壓力을 上死點後의 壓力에서 減한 것으로부터 平均有效壓力를 求한 다음 다음 式에 依하여 指示馬力을 計算하였다.

對象이 되는 디젤油에 比하여 모든 點에서 떨어진 다. 特히 引火點이 높고 粘度가 커서 디젤機關用 燃料로서 使用可能性이 매우 憂慮되었다. 다만 流動點은 디젤油와 大差가 없어서 比較的 낮은 溫度에서도 使用可能性을 暗示하고 있으며 發熱量은 디젤油의 92%程度로 同一出力에 대하여 燃料消費量이 많 아질 것으로 豫想되었다.

$$IHP = \frac{P_i \times A \times L \times n}{2 \times 75 \times 60} \dots \dots (1)$$

단 P_i는 平均有效壓力(kg/cm²)
A는 시린더 斷面積(cm²)
L는 行程(m)
n는 每分回轉數

燃料消費率 be는 (2)式으로부터 求해진다.

$$be = \frac{1000 \times B \times g}{IHP} (g/psh) \dots \dots (2)$$

단 B는 每時間當 燃料消費量(ℓ/h)
g는 燃料의 比重量(g/cm³)이다

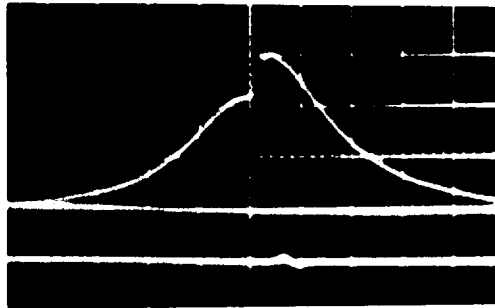
熱效率 η_e는 (3)式으로 求하여진다.

$$\eta_e = \frac{632 \times 1000}{be \times H\ell} \times 100(\%) \dots \dots (3)$$

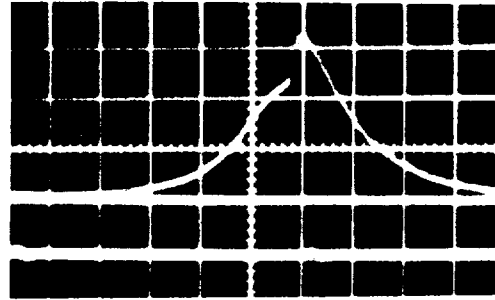
단 Hℓ는 低位發熱量(Kcal/kg)

機械效率는 制動馬力과 指示馬力의 比로서 計算된 다.

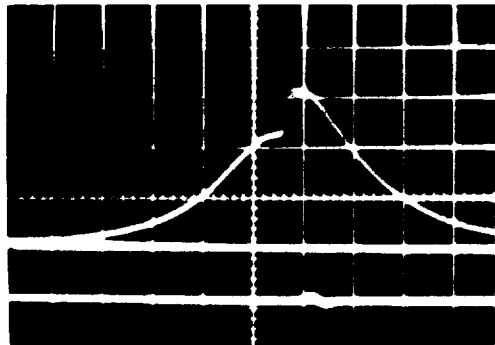
以上の 諸計算을 包含한 餘他の 모든 特性值 計算을 위하여 電算프로그램을 作成하였으며 附錄에 이 프로그램을 提示하였다.



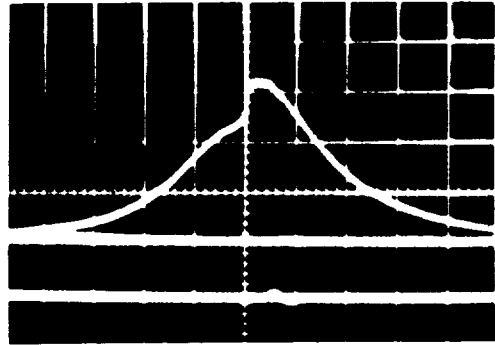
Rape-seed oil, 1000 RPM



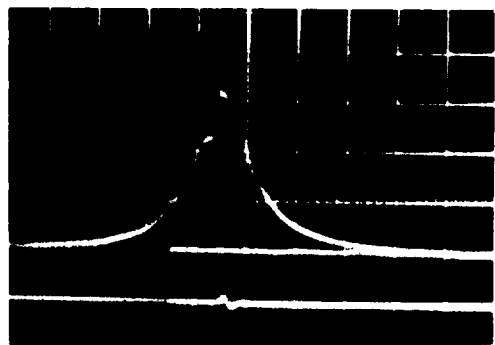
Diesel oil, 1000 RPM



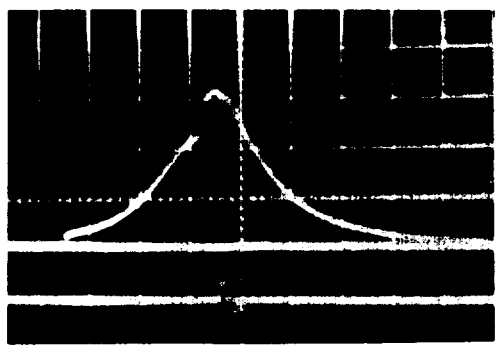
Rape-seed oil, 1100 RPM



Diesel oil, 1100 RPM

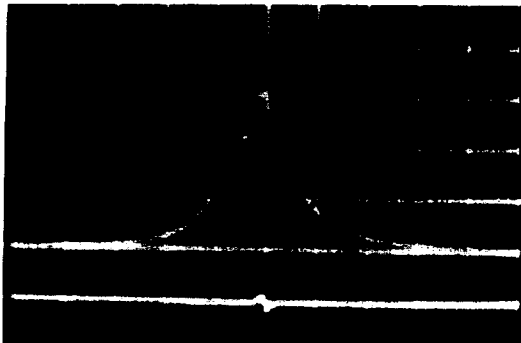


Rape-seed oil, 1200 RPM



Diesel oil, 1200 RPM

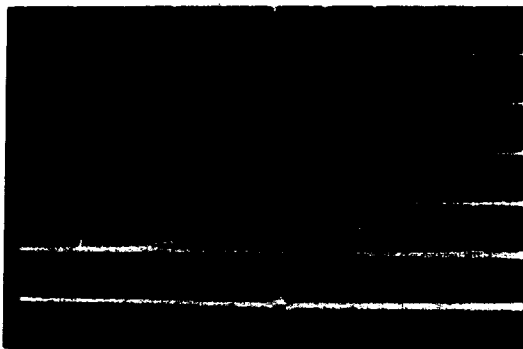
Fig. 3 a P- θ diagram by rape-seed oil and diesel oil
1000RPM, 1100RPM, 1200RPM.



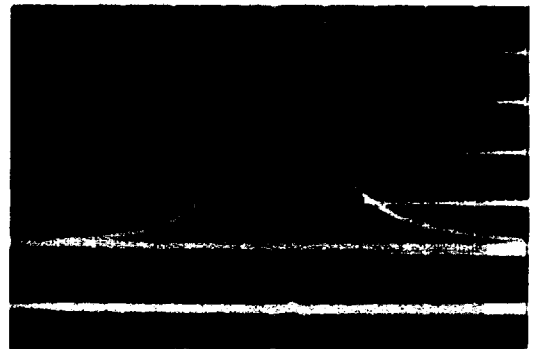
Rape-seed oil, 1300 RPM



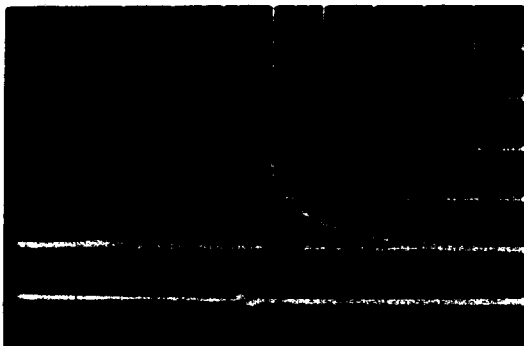
Diesel oil, 1300 RPM



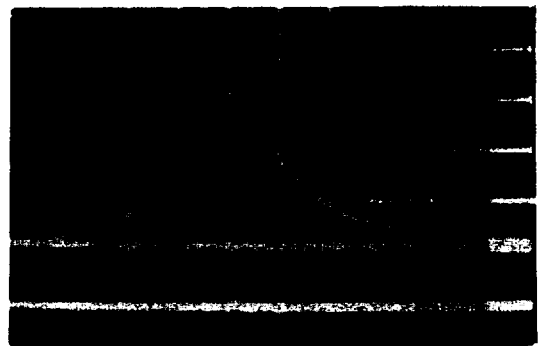
Rape-seed oil, 1400 RPM



Diesel oil, 1400 RPM

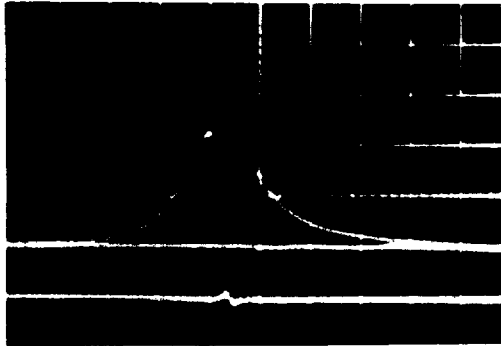


Rape-seed oil, 1500 RPM

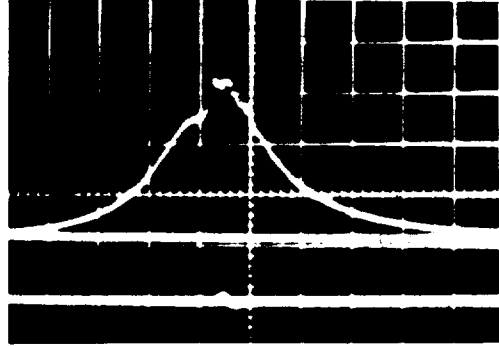


Diesel oil, 1500 RPM

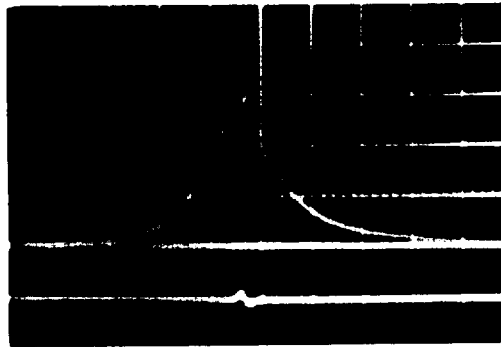
Fig. 3b P-h diagram by rape-seed oil and diesel oil,
1300RPM, 1400RPM, 1500RPM.



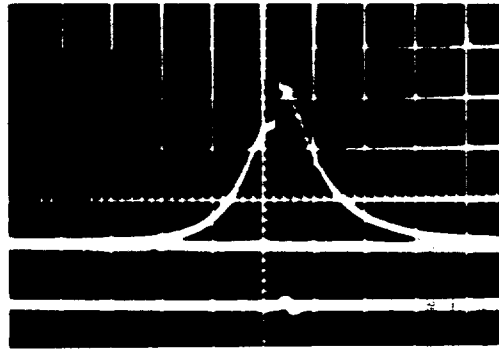
Rape-seed oil, 1600 RPM



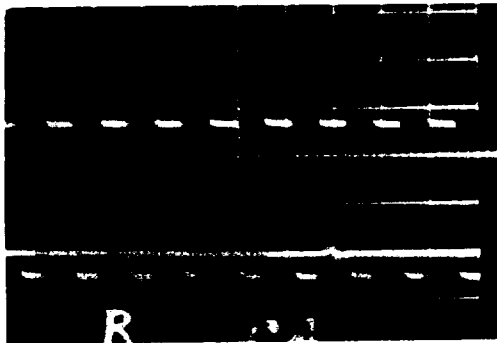
Diesel oil, 1600 RPM



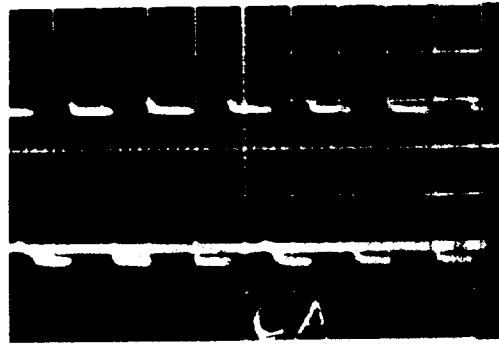
Rape-seed oil, 1700 RPM



Diesel oil, 1700 RPM



Calibration



Calibration

Fig. 3c P- δ diagram by rape-seed oil and diesel oil,
1600RPM, 1700RPM.

(2) 性能曲線

P0線圖에 나타난 燃燒特性과 計測된 運轉特性에 依하여 作成한 機關特性曲線이 Fig.4와 Fig.5이다. Fig.5에서 보는 바와같이 指示熱效率은 全般的으로 兩側이 모두 낮으나 디젤油가 菜種油보다 2~6% 良好하였다. 特別 正味熱效率이 不良한데 이는 機關에 附着된 減速齒車, 機關 및 發電機의 性能不良이 相當히 影響을 미친것으로 생각된다.

平均有效壓力은 디젤油가 菜種油보다 3~15% 程度 높았으며, 따라서 指示馬力도 디젤油가 같은 比率로 높았다. 그러나 制動馬力은 菜種油쪽이 디젤油보다 약간 높았으며, 指示燃料消費率은 豫想했던 대로 菜種油가 10~16% 程度 높았다. 排氣溫度는 디젤油가 菜種油보다 33~47°C 程度 높았으며, 이는 菜種油의 良好한 燃燒性과 發熱量이 낮은데 基因한 것으로 생각된다.

한편 Fig.5에서 보는 바와같이 最高爆發壓力은 菜種油가 디젤油보다 3~7% 程度 높았으며, 이는 菜種油의 着火性이 디젤油보다 떨어져 있고 있음을 가리

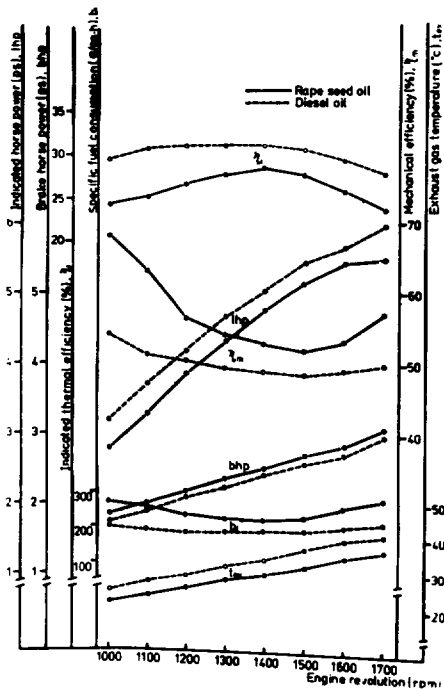


Fig. 4 Performance curves of engine.

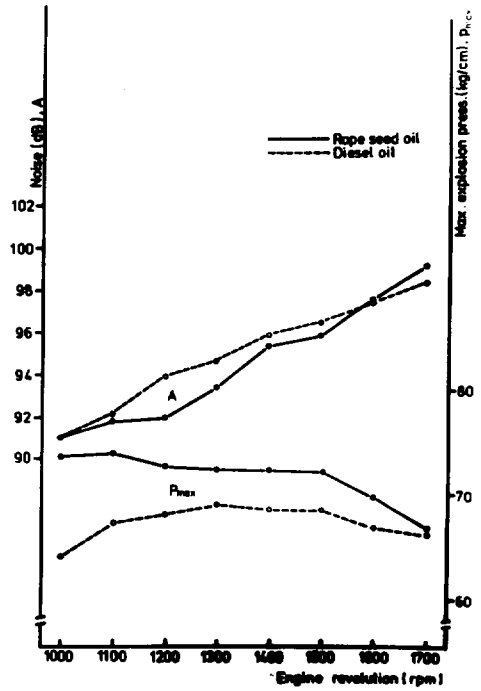


Fig. 5 Max. explosion press and noise.

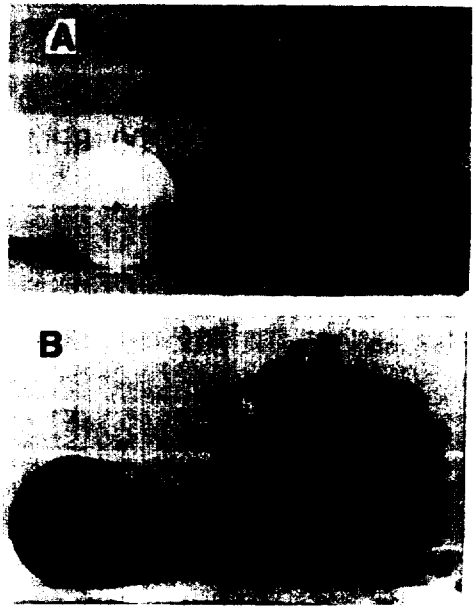


Fig. 6 Behaviour of combustion chamber.
(A) Before operation by rape-see doil
(B) After operation by rape-seed oil

키고 있다. 또한 機關運轉의 靜肅性を 알아보기 위하여 騒音을 計測하였던바 低速領域에서는 디젤油 쪽이 騒音程度가 높고 高速領域에서는 反對로 나타났으며 大體的으로 큰 差는 없었다.

끝으로 菜種油로 約 30時間 運轉한 다음 시린더헤드를 開放하여 燃燒室 狀態를 撮取한 것이 Fig.6이다. 디젤油로 運轉한 경우와는 달리 카아본 附着이 相當히 甚하였으며, 앞으로 菜種油로 常時 運轉할 경우 가장 어려운 問題가 될 것으로 豫想된다.

結 論

(1) 디젤機關用 代替燃料로서 菜種油를 選擇한 動機를 提示하였으며 菜種油의 디젤機關 燃料로서

의 特性을 檢討하였다.

(2) 供試機關으로서 國產船用 디젤機關을 利用하여 菜種油와 디젤油로서 運轉한 다음 이들의 運轉特性을 比較한 結果 機關 自体가 갖고 있는 몇가지 問題點에도 不拘하고 滿足할만한 結果를 얻을 수 있었다.

(3) 菜種油로서 디젤機關을 運轉할 경우 冬季의 始動性 問題와 디젤油에 比하여 燃料消費가 若干 많은 點을 除外하고는 事實上 別다른 어려운 問題는 없었다. 다만 長時間 運轉할 경우 燃燒室의 카아본 堆積이 가장 어려운 問題로 登場할 것이 豫想된다.

參 考 文 獻

- 1) 浜部源次郎(1936) : 大豆油を燃料としたディーゼル機關の性能, 日本機械學會誌, 第42卷 第267號.
- 2) 岡村健二(1940) : 高速ディーゼル機關に於ける代用燃料, 燃料協會誌, 第19卷 第215號.
- 3) 藤田駿他(1938) : 植物油・漁油による 高速ディーゼル機關の運轉, 內燃機關, 第2卷 第3號.
- 4) 長尾不二夫他(1948) : ディーゼル燃料としての松根油, 日本機械學會誌, 第51卷 第354號.
- 5) 田村豊(1937) : 大豆油を燃料としたディーゼル機關の運轉, 農業機械學會誌 第1卷 第1號.
- 6) 飯本光雄(1977) : ナタネ油を燃料とした農用小型ディーゼル機關の運轉, 農業機械學會誌 第38卷 第4號.
- 7) 竹田策三(1979) : 農用機械における代替燃料の開発, 內燃機關, 第18卷 第11號.