

米糠油 燃料에 의한 農用 디젤機關의 性能 및 排氣 排出物에 관한 研究

裴 明 煥* · 河 正 鎬**

A Study on the Performance and Exhaust Emissions of Agricultural Diesel Engines by Use of Rice Bran Oil as a Fuel

M. W. Bae* · J. H. Ha**

Key words : Performance(性能), Exhaust Emissions(排氣 排出物), Diesel Engine(디젤機關),
Rice Bran Oil(米糠油), Oxygen Content(酸素濃度), Viscosity(粘度)

Abstract

The effects of rice bran oil on the characteristics of performance and exhaust emissions have been experimentally examined by a single cylinder, four cycle, direct injection, water-cooled and agricultural diesel engine operating at several loads and speeds. The experiments are conducted with light oil, blends of rice bran with light oil, and rice bran oil as a fuel. The fuel injection timing is fixed to 22° BTDC regardless of fuel type, engine loads and speeds. Any oxygen is not included in light oil, while the oxygen contents of 10.7% are included in rice bran oil. The lower calorific value of rice bran oil is less than light oil, and the viscosity is very high compared with light oil. In present study, it is found that these major differences of chemical and physical properties control the combustion parameters that affect the performance and exhaust emissions of diesel engines using a rice bran oil as fuels.

1. 序 論

두 차례 걸친 石油波動 以後, 全世界는 에너지源의 限界性과 重要性을 認識하여 代替에너지의 開發, 에너지利用의 合理化 등 에너지에 대한 關心이

높아가고 있다¹⁾. 長期的인 에너지源의 供給對策으로써 脱化石燃料의 代替에너지 開發에 많은 努力를 기울이고 있지만, 化石燃料가 存在하는 한, 代替에너지의 開發은 經濟的인 側面에서 限界點에 다다르리라豫想된다^{2,3)}.

* 慶尙大學校 工科大學 機械設計學科, 航空機部品技術研究센터(원고접수일 : 98년 5월)
** 慶尙大學校 大學院

最近에는 酸性비, 地球溫暖化, 오존層破壞, 呼吸器疾患 등 環境污染에 의해 發生되는 問題가 主要 關心事로 浮刻되어 緊急히 解決해야 할 社會的 課題가 되고 있다. 특히, 大氣污染源의 大部分을 차지하는 燃燒機關에서 排出되는 有害gas 成分은 가솔린機關보다는 디젤機關에서 더욱 深刻하기 때문에, 디젤機關에 대한 排氣排出物의 低減對策에 많은 努力を 기울이고 있다^{4,5)}.

위와 같은 問題點에 대한 對策의 一環으로 에너지源으로서 植物油의 研究가 以前부터 多角度로 檢討되어 왔는데, Diesel이 파리 博覽會에서 땅콩油를 燃料로 한 機關을 선보인 以後, 大豆油^{6~9)}, 땅콩油¹⁰⁾, 松根油¹¹⁾, 해바라기씨油¹²⁾, 평지씨油^{13,14)}, 겨자씨油¹⁵⁾, 椰子油¹⁶⁾, 米糠油¹⁷⁾, 紅花油¹⁸⁾ 등 植物油를 利用하여 內燃機關 燃料로서 活用할 수 있는지를 檢討한 結果, 植物油는 種類에 따라 다르지만, 輕油에 比하여 約 80~90% 程度의 發熱量을 가지고 있고, 硫黃成分의 低含有量, CO₂의 低排出量 등 큰 利點을 갖고 있기 때문에, 賦存資源이 豐富한 植物油를 清淨의 代替에너지源으로 活用하는 것은 바람직하다고 생각된다.

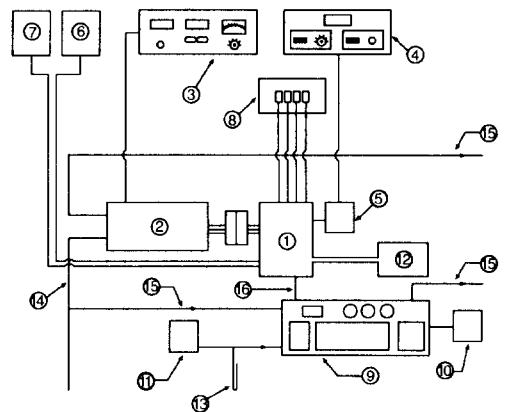
그러나 植物油는 높은 粘度로 인하여 挥發性이 낮기 때문에, 機關性能, 排氣排出物, 煙成分의 堆積 등 여러 가지 問題가 發生되어 機關의 長時間稼動에는 容易하지 않다. 따라서 이들 問題를 解決하기 위하여 植物油를 加熱하거나 다른 燃料와 混合하여 使用하고, 에스테르化, 超音波 適用, 自體成分改善 등을 利用한 研究가 있지만, 本質의 ین燃燒改善은 아직까지 이루어지고 있지 않다¹³⁾.

本 研究에서는 直接噴射式 農用 4行程 디젤機關에 機關回轉速度 및 負荷를 變化시켰을 境遇의 機關性能 및 排氣排出物에 미치는 影響을 米糠油, 混合油(米糠油와 輕油) 및 輕油를 使用하여 基礎의 ین 實驗에 의해 調査하여 比較한 다음, 代替燃料로서의 利用可能性을 檢討해 보았다.

2. 實驗裝置, 實驗方法 및 使用燃料 特性

2.1 實驗裝置

Fig. 1은 本 實驗에 使用된 裝置의 概略圖를 나타낸 것인데, 實驗機關은 水冷, 單氣筒, 直接噴射



① Engine	⑨ Fuel heater
② Engine dynamometer	⑩ Temperature regulator
③ Dynamometer controller	⑪ Fuel tank
④ Throttle controller	⑫ Surge tank
⑤ Throttle actuator	⑬ Burette
⑥ Exhasust gas analyzer	⑭ Water in
⑦ Smoke tester	⑮ Water out
⑧ Temperature sensors	⑯ Fuel in

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1. Specifications of the engine tested

Items	Specifications
Engine / Model	Agricultural Diesel Engine /ND80DI
Type	Single cylinder, H type, Water cooled, 4 cycle, Direct injection
Bore × Stroke (mm)	92 × 95
Compression Ratio	19 : 1
Fuel Injection Timing	BTDC 22°
Max. Power (kW/rpm)	8.2/2200

式的 4行程 農用 디젤機關이며, 主要諸元은 Table 1과 같다.

機關扭矩는 渦流式 電氣動力計를 使用하여 測定하였고, 機關回轉速度 및 負荷를 調節하기 위하여 스로틀 액추에이터(throttle actuator)를 使用하였다. 排氣排出物中, NOx는 Quintox 排氣分析器(英國 Kane - May社)로서, 煙은 스모크 測定器로서 計測하였다.

溫度를 測定하기 위하여 冷却水는 물재킷의 中心部에, 潤滑油는 오일팬 空間의 中心部에, 排氣는 排氣管 끝으로부터 50 mm되는 位置에, 燃料는 燃料濾過器에 각각 溫度感知裝置를 附着시켰다. 空

氣吸入時 脈動을 줄이기 위하여 機關의 吸氣部에서 지탱크를, 植物油와 輕油를 混合하는 境遇, 比重差異에 의한 層分離를 일으키지 않도록 燃料탱크 안에 小型攪拌機를, 排氣管에서 距離 1 m, 높이 80 cm되는 支點에 消音器를, 머플러에 連結된 排氣파이프의 出口部에 排氣의 圓滑한 排出을 위하여 送風機를 設置하였다. 그리고 燃料탱크는 機關으로부터 約 1.8 m의 높이에 設置하여 重力에 의해 燃料가 供給되도록 하였다.

2.2 實驗方法

Fig. 2는 全負荷에서 輕油를 使用한 境遇의 燃料消費率, 토크 및 出力에 대하여 機關回轉速度를 200 rpm씩 增加시키면서 測定한 試驗機關의 特性曲線을 나타내고 있다.

本研究에서는 機關回轉速度 및 負荷를 파라미터로 하여 燃料의 形態를 바꾸어 實驗을 하였다. 機關回轉速度를 變化시키는 境遇에는 토크를 固定하고 回轉速度를 1200 rpm부터 200 rpm間隔으로 增加시키면서 實驗을 하였고, 機關負荷를 바꾸는 境遇에는 스로틀 액추에이터를 完全開度한 狀態를 全負荷로 놓고, 全負荷의 토크值을 測定하여 機關回轉速度를 固定하고 負荷를 25%씩 變化시키면서 實驗을 하였다.

燃料消費率의 測定은 ブ렛의 一定한 容量(30 cc)

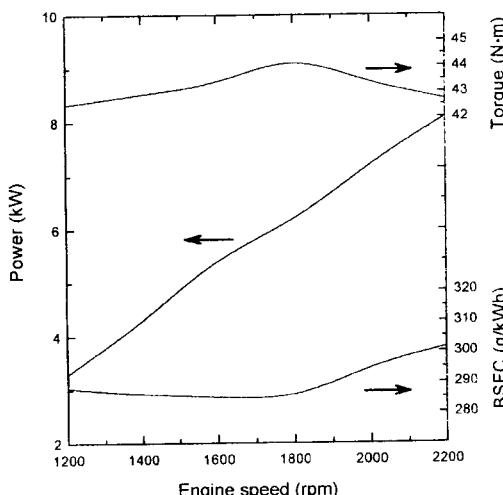


Fig. 2 Full load characteristics of test engine

의 燃料가 消耗하는데 要하는 時間을 測定하는 體積式方法을 使用하였고, 測定時の 溫度에 따른 比重을 適用하여 單位時間 出力當의 燃料消費率(g/kWh)로 計算하였다. 噴射時期는 實驗條件에 關係없이 BTDC 22°로 固定하였고, 實驗을 하는 동안 動力計 및 加熱器의 冷却水는 強制循環을 시켰고, 이때 冷却水, 潤滑油 및 排氣管에는 K型 热電對(3 mm), 燃料濾過器는 R型 热電對(5 mm)를 裝着하여 機關의 作動狀態를 隨時로 點檢하면서 實驗을 하였다.

다른 條件의 燃料를 使用하여 連續實驗을 할 境遇에는 同一燃料에 대하여 機關回轉速度 및 負荷 變動의 實驗을 끝낸 후, 다른 燃料로 交替하였고, 實驗을 始作할 때와 끝마칠 때는 恒常 輕油를 使用하여 一定 時間 동안 機關을 作動시켰다.

2.3 使用燃料 特性

本 實驗에서 使用한 燃料는 輕油, 米糠油 및 混合油인데, Table 2는 實驗에 使用된 燃料의 粘度, 比重, 硫黃含有量, 재(ash), 殘留炭素量, 引火點 및 流動點에 대해 測定한 結果를 나타낸 것이다.

純粹米糠油의 粘度는 41.43 cSt로 輕油의 粘度 3.46 cSt보다 約 12倍 程度 높은 高粘性燃料이다. 燃料의 粘度가 높으면 燃料의 移送이 어려워져서 送出壓力이 增加할 뿐만 아니라, 噴射할 때 粒子가 커져서 分散性이 나빠지고, 着火遲延과 不完全燃燒를 일으켜 燃料消費量이 增加하게 된다. 混合油

Table 2 Chemical and physical properties of fuels used

Item	Oil	RB	RB(50%)	Light
Kinematic Viscosity (cSt/310.8 K)	41.43	11.53	3.46	
Specific Gravity (293 K/277 K)	0.920	0.880	0.844	
Sulfur (%)	0.00	0.07	0.17	
Ash (%)	<0.01	<0.01	<0.01	
Carbon Residual (%)	0.401	0.299	0.002	
Higher Calorific Value (MJ/kg)	39.61	42.54	45.65	
Lower Calorific Value (MJ/kg)	36.93	39.69	42.57	
Flash Point (K)	514	337	325	
Pour Point (K)	268	260.5	265.5	

의境遇에는純粹米糠油와輕油를重量比 1:1로混合하였는데,輕油의混合比率이增加할수록粘度 및殘留炭素量은改善되었다.比重은米糠油의含有量이增加함에 따라增加하고,低位發熱量은純粹米糠油가輕油의 87%, 50%混合油는 93%에該當함을表에서 알수있다.

3. 實驗結果 및 考察

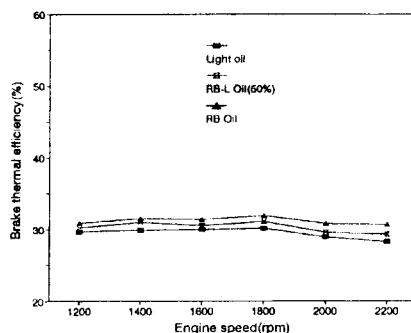
3.1 燃料消費率과 热效率

Fig. 3은 實驗條件의負荷에서 3種類의燃料를使用한境遇,機關回轉速度를 1200~2200 rpm까지 200 rpm씩變化시켰을 때의制動燃料消費率을 나타낸 것이다.燃料消費率은負荷에關係없이米糠油의含有量이많을수록增加하고,또한燃料의種類에關係없이負荷가增加할수록燃料消費率이減少하나,全負荷에서는다시燃料消費率

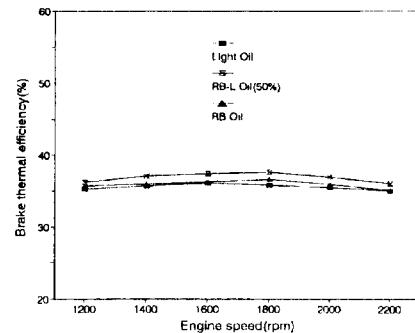
이增加하고 있음을 알수있다.機關回轉速度에대한燃料消費率은全負荷特性曲線에나타난것과같이大體적으로 1800 rpm附近에서最小의燃料消費率을보이고있다.

米糠油를使用하는境遇,輕油에比해燃料消費率이約 5~11%增加하였는데,그理由로서는粘度가높기때문에噴霧微粒化의效率이나쁘고,또한米糠油의含有量이增加할수록比重이커져서,單位時間當의噴射量이增加하기때문이라고推定된다.

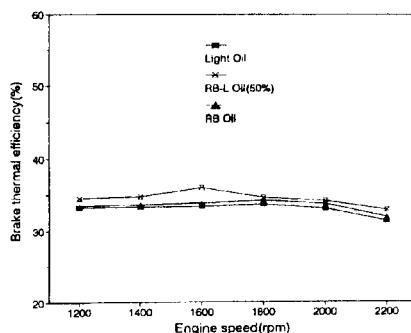
Fig. 4는 實驗條件의負荷에서 3種類의燃料를파라미터로하여機關回轉速度에대해正味热效率를나타낸 것이다.負荷75%까지는50%混合油의热效率이機關回轉速度에關係없이大體적으로약간增加하지만,全負荷에서는米糠油만을使用하였을境遇의热效率이더큼을알수있다.輕油만을使用하였을境遇의热效率은가장낮게나타



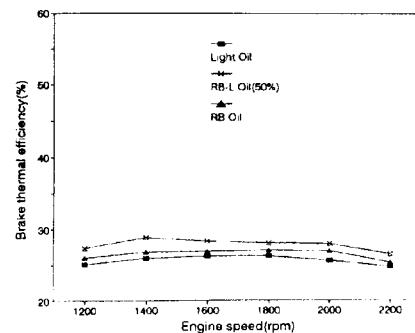
(a) Load 100%



(b) Load 75%



(c) Load 50%



(d) Load 25%

Fig. 3 Comparison of brake thermal efficiency with different fuels as a function of engine speed for full, three quarters, medium and a quarter engine loads

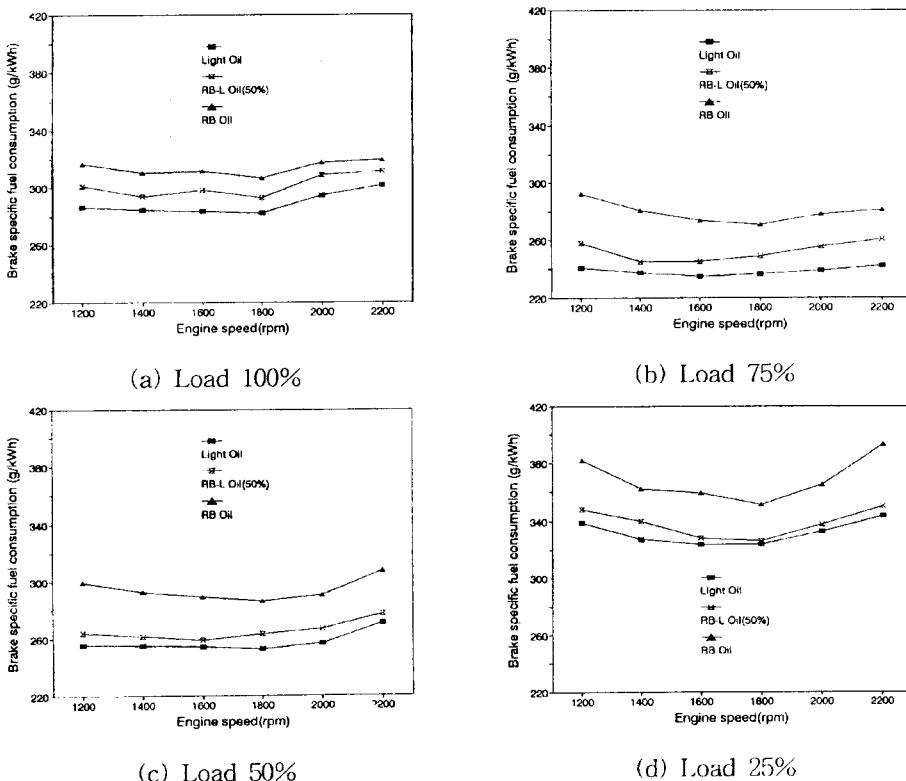


Fig. 4 Comparison of brake specific fuel consumption with different fuels as a function of engine speed for full, three quarters, medium and a quarter engine loads

나고 있다.

米糠油의 低位發熱量은 輕油의 87%에 불과하지만, 負荷 75%까지는 混合하는 境遇가 發熱量 및 燃料消費率의 相關關係에 의해 正味 热效率이 純粹米糠油 및 輕油보다 좋지만, 全負荷에서는 氣化性의 改善으로 純粹米糠油의 热效率이 더 커지고 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 热效率의 差異는 앞에서 考察한 燃料消費率과 關係가 있기 때문에, 燃料消費率을 考慮하면 热效率은 米糠油 혹은 混合油를 燃料로 使用하였을 境遇, 輕油와 比較하여 큰 差異가 없을 것으로豫想된다.

3.2 排氣 排出物

3.2.1 CO₂ 排出物

大氣中의 CO₂濃度는 產業革命 以前에 比하여 1.2 ~ 1.3倍 程度增加되었고, 每年 0.5%의 比率로增加되고 있다고 報告하고 있는데, 이러한 CO₂排

出物의 增加가 地球溫暖化에 미치는 影響은 아주 크기 때문에, 最近에는 CO₂排出量 低減이 人類社會의 重要한 課題가 되고 있다¹⁹⁾. 現在, 排出量 低減에 대한 論議가 進行되고 있지만, 가까운 將來에 規制의 對象이 되리라豫想되기 때문에, 本論文에서 米糠油를 使用했을 境遇의 CO₂排出量을 比較하고 그 結果를 檢討해 본다.

Fig. 5는 實驗條件의 負荷에 있어서 3種類의 燃料를 使用하여 機關回轉速度에 따른 CO₂排出量을 나타낸 것이다. 負荷에 關係없이 CO₂排出量은 輕油, 混合油, 米糠油의 順으로 增加되고 있는데, 이것은 燃料消費率의 增加量과 같은 傾向을 보이고 있음을 알 수 있다. 負荷에 대한 CO₂排出量은 負荷의 增加에 따라 대체적으로 增加되고 있다. 그런데 負荷 25%에서는 燃料消費率이 많음에도 불구하고, CO₂排出量이 적게 나타나고 있는데, 이것은 低負荷에서의 燃燒效率이 나쁘기 때문이라

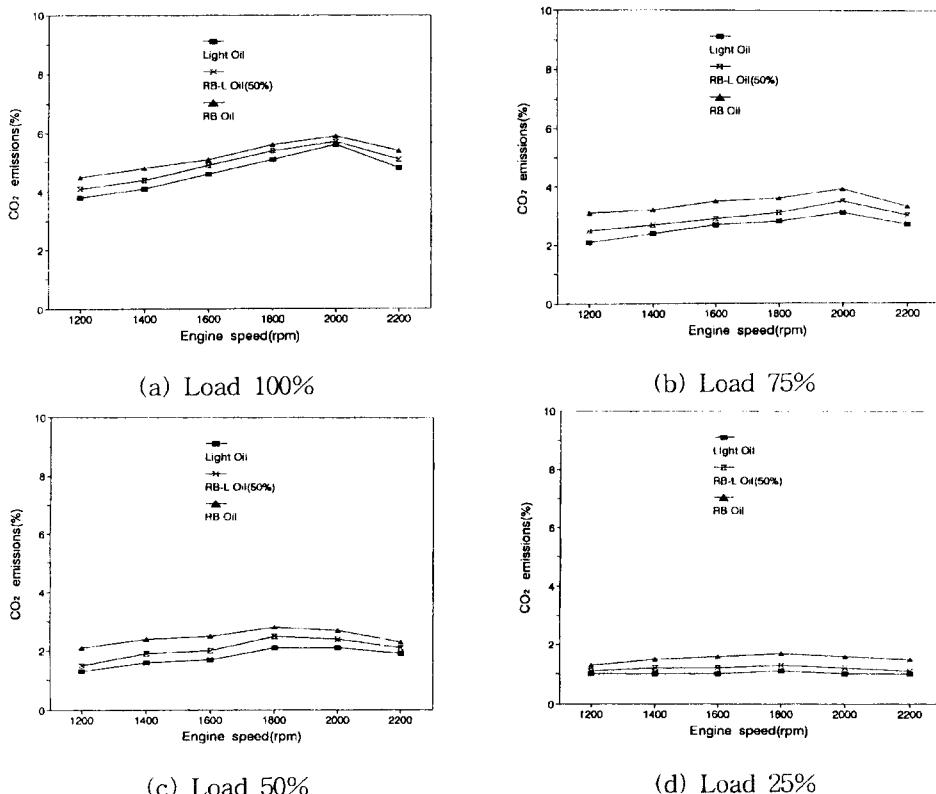


Fig. 5 Comparison of CO₂ emissions with different fuels as a function of engine speed for full, three quarters, medium and a quarter engine loads

고 생각된다.

本研究에 사용된 農用 單氣筒 디젤機關의 CO₂排出量이 다른 디젤機關에서보다 全體的으로 적게 나타난 것은 燃燒效率이 좋지 않기 때문인 것으로推定된다.

3.2.2 窒素酸化物(NOx)排出物

Fig. 6은 3種類의 燃料를 파라미터로 하여 實驗條件의 負荷에 있어서 NOx排出物의 測定結果를 機關回轉速度에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 本研究의 機關回轉速度 1600 rpm附近을 中心으로 이보다 낮은 機關回轉速度에서는 米糠油, 混合油, 輕油의 順으로, 그 以上的 機關回轉速度에서는 輕油, 混合油, 米糠油의 順으로 NOx排出物이增加함을 알 수 있다.

이것은 中低速 機關回轉速度에서는 氣化性이

輕油에 比해 나쁜 米糠油의 境遇에 燃燒效率이 좋지 않아 燃燒gas溫度가 낮아져 NOx排出物이減少하지만, 機關回轉速度가 高速이 되면 燃燒室의 燃燒gas溫度도增加되고, 發熱量은 多少 떨어질지라도 米糠油含有量이 많은 境遇에 燃料消費率도 많고 全體의 燃燒效率이改善되어 NOx排出物은增加할 것으로推定된다. 또한 NOx排出物은 燃燒gas溫度뿐만 아니라, 酸素濃度와도關係가 있기 때문에, 米糠油의 境遇, 含有된 10.7%程度의 酸素濃度가影響을 미치리라豫想된다.

3.2.3 煤煙排出物

Fig. 7은 同燃料를 使用하였을 境遇, 本 實驗條件의 負荷에 있어서 煤煙排出物을 機關回轉速度에 따라 나타낸 것이다. 煤煙은 NOx排出物과 生成機構에 대한 過程 등이 다르기 때문에, 앞에서

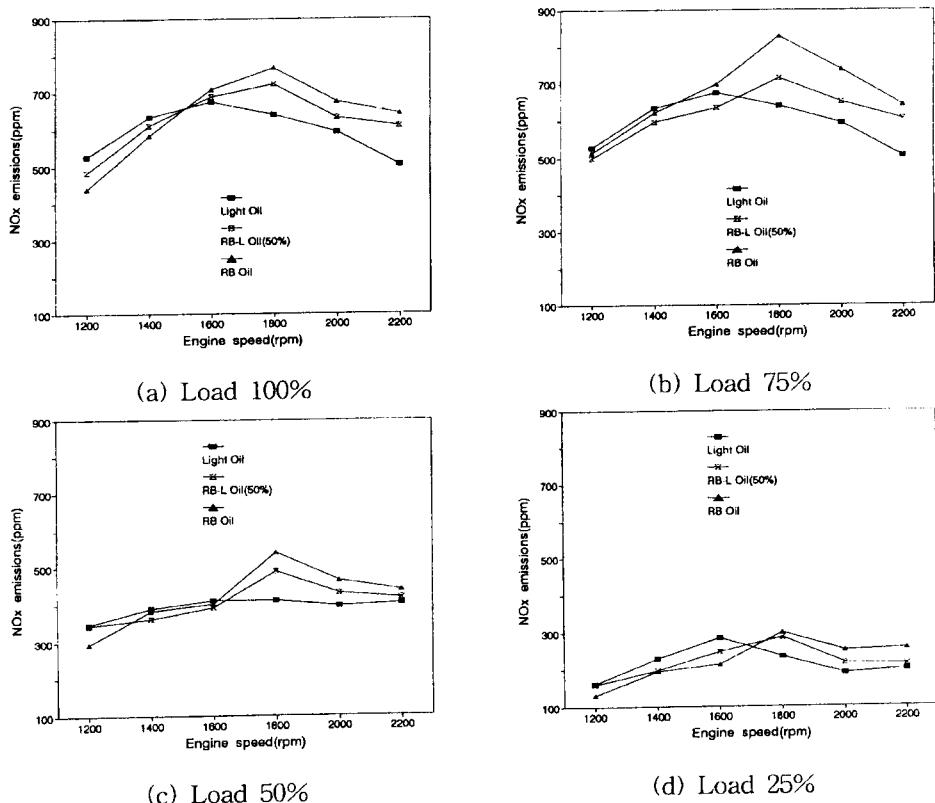


Fig. 6 Comparison of NOx emissions with different fuels as a function of engine speed for full, three quarters, medium and a quarter engine loads

考察한 NOx 排出物과는 일반적으로 다른 排出傾向을 나타낸다. 그림에 의하면 全般的으로 米糠油의 含有量이 增加할 境遇에 排出量이 減少함을 알 수 있는데, 이것은 米糠油에 含有된 10.7% 程度의 酸素量이 燃燒中 酸化過程에 寄與하기 때문일 것으로豫想된다.

部分負荷에 比하여 全負荷에서 煤煙 排出物이 相對的으로 빠른 것은 본 研究의 대상인 小型農用 디젤機關에서 高負荷가 될수록 燃料消費率에 比하여 空氣過剩率이 減少하기 때문에 局所的으로는 酸素量이 不足하여 不完全燃燒가 發生하여 煤煙 排出物이 增加한다고 생각된다.

3.3 米糠油에 대한 代替燃料로서의 檢討

쌀겨에서 壓搾法 혹은 抽出法에 의해 製造된 半乾性油의 米糠油는 原料인 쌀겨에 따라 性狀이 달

라진다. 本 實驗에 使用된 米糠油의 化學的 組成은 炭素 77.5%, 水素 11.8%, 酸素 10.7%로 이루어져 硫黃이 전혀 들어있지 않아 SOx가 전혀 排出되지 않는 長點을 갖고 있다.

Fig. 8은 米糠油, 混合油 및 輕油에 대한 低位發熱量, 動粘性係數, 硫黃 含有量 및 殘留炭素 含有量을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 것처럼, 米糠油의 含有量이 增加할수록 粘性係數가 크게 나타나는데, 이 때문에 噴射壓力이 增加하고 噴霧狀態가 悪화될 뿐만 아니라, 炭素堆積物이 機關運轉에 支障을 가져오고 있다. 低位發熱量은 輕油에 비해 낮지만, 앞에서 考察한 것처럼 燃料消耗量이 增加하여 熱效率은 오히려 약간 높게 나타나고 있다. 한편, 米糠油 自體에 含有되어 있는 多量의 酸素는 燃燒에 寄與하여 煤煙 排出物의 低減效果를 가져오고 있다. 이와 같은 面에서 볼 때, 米糠油는 粘性

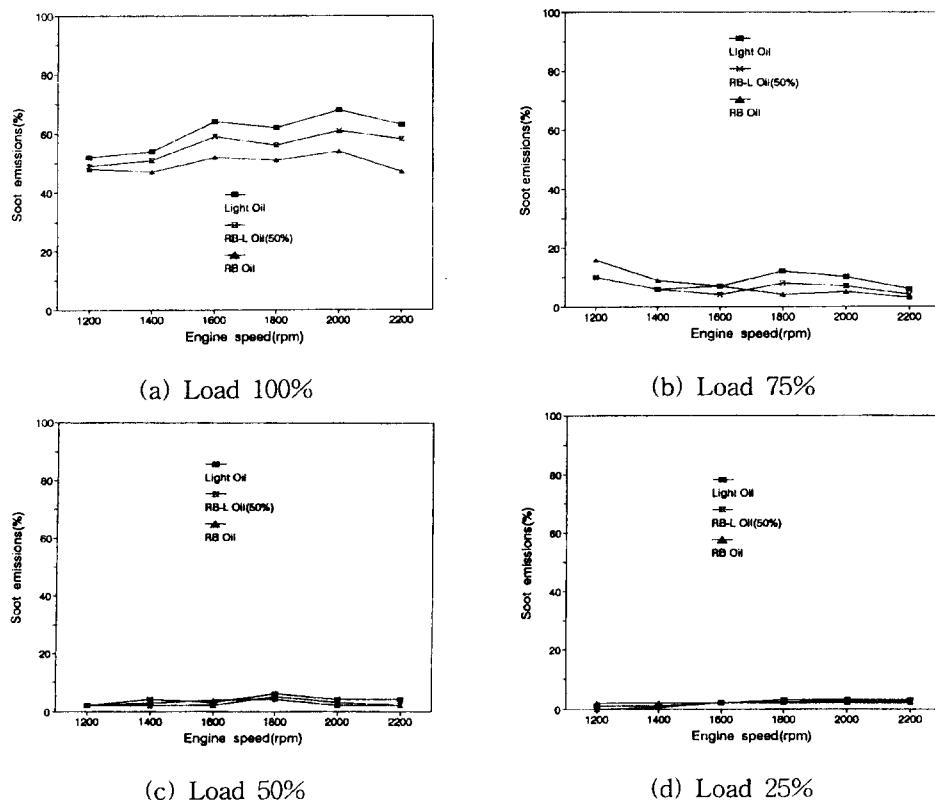


Fig. 7 Comparison of soot emissions with different fuels as a function of engine speed for full, three quarters, medium and a quarter engine loads

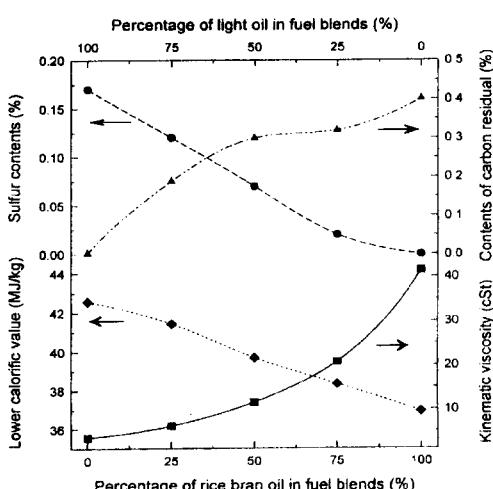


Fig. 8 Comparison of chemical and physical properties as a function of the percentage of rice bran oil in fuel blends

係數를 낮추는 方法만 摸索된다면, 環境污染問題를 改善하는 側面에서도 代替燃料로서의 使用 可能성이 높음을 本研究의 結果로서 確認할 수 있다.

다음에는 디젤機關의 代替에너지로서 米糠油를 使用한 境遇, 排氣 排出物에 대한 檢討를 하기 위하여 本研究에서 調査된 NOx 및 煤煙 排出物의 데이터를 Fig. 9에 나타내 보았다. 本研究에서는 NOx 및 煤煙 排出物을 總量이 아닌 濃度로서 測定하였기 때문에, Fig. 9와 같이 나타내기 위해서는 計測된 濃度値을 總量値으로 換算하여야 한다. NOx 排出量은 陸用機關에 實施되고 있는 デンマー크의 排氣 規制²⁰⁾를, 煤煙 排出量은 Bosch數와 排氣 중 煤煙 排出量과의 關係^{21,22)}를 活用하여 換算하였다. 그림에서 韓國의 規制値은 트럭 등의 大型 디젤機關에 適用되는 數値을 나타내고 있다. 1996年 度 規制値에는 1/4負荷인 境遇를 制外하고 大部分

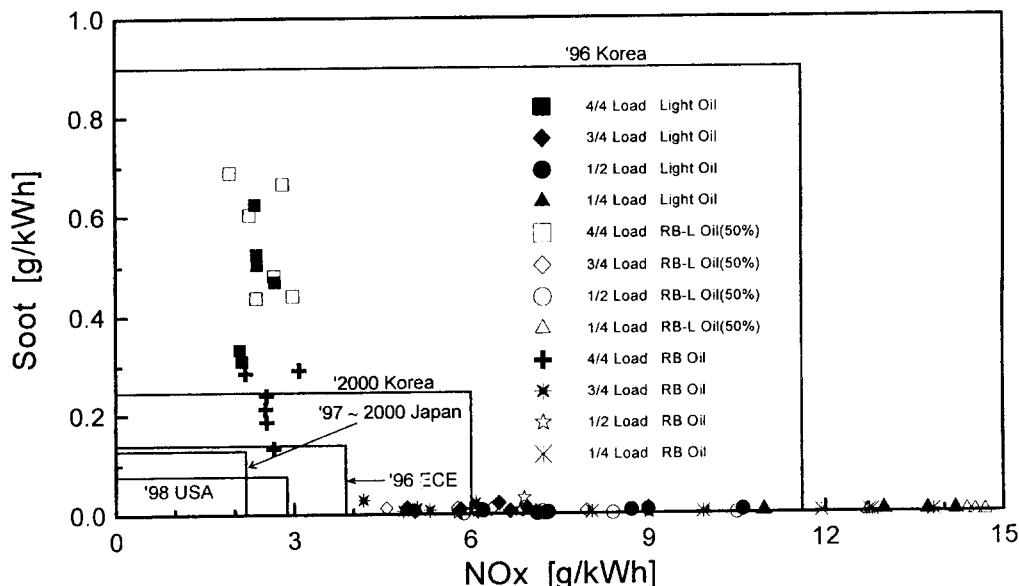


Fig. 9 Schematic illustration for correlation between NOx and soot emissions

満足시키고 있지만, 2000年度 規制값에 대해서 純粹米糠油의 3/4負荷 以上인 境遇 以外에는 滿足시킬 수가 없습니다. 이것은 米糠油만을 使用하는 境遇에는 負荷가 높을수록 排氣排出物의 規制값을 滿足시킬 수 있음을 나타내고 있는 特異한 結果를 보여주고 있다. 그러나 이러한 값들은 데이터換算 등의 問題가 있기 때문에, 앞으로 보다正確한 排氣量값을 求하는 方法 등을 講究하여 NOx 및 煤煙排出物의 規制값 關係를 나타낼必要가 있다.

4. 結論

水冷 單氣筒 4行程 直接噴射式의 農用 디젤機關에 燃料로서 輕油, 混合油 및 米糠油를 使用하여 燃料의 特性을 調査하고, 負荷 및 機關回轉速度를 變化시켰을 境遇, 이들 燃料들이 機關性能 및 排氣排出物에 미치는 影響에 대해 實驗的으로 調査하여 얻은 主要 結果는 다음과 같다.

- 實驗에 使用된 燃料의 特性은 米糠油의 比率이 增加할수록 殘留炭素量이 增加하고, 硫黃成分의 含有量이 減少한다. 純粹米糠油에는 硫黃成分이 0이고, 酸素含有量이 10.7%이다.

- 燃料消費率은 米糠油의 含有量이 많을수록 增加하고, 熱效率은 負荷 75%까지는 混合油의 境遇가 가장 높지만, 負荷 100%에서는 純粹米糠油가 가장 높다.
 - CO₂排出物은 다른 디젤機關에 비하여 적은데, 米糠油의 含有量이 많을수록 增加되고 있다.
 - NOx排出物은 機關回轉速度 1600 rpm附近을 中心으로 以下에서는 輕油의 含有量이 많을수록, 以上에서는 米糠油의 含有量이 많을수록 增加한다.
 - 煤煙排出物은 米糠油의 含有量이 많을수록 酸素含有量이 增加하여 減少한다.
 - 米糠油의 粘度를 改善하면 機關性能 및 排氣排出物의 面에서 디젤機關의 代替에너지로서의 使用可能性이 充分하다.
- 本研究는 航空機部品技術研究센터 研究費의一部를 支援받아, 廉尙大學校 農業機械工學科의 實驗裝置를 活用하여 이루어진 것으로, 도움을 주신 關係者 여러분께 感謝드리며, 實驗에 直接參與한 當時의 大學院生 具德奉氏 및 資料提供과 考察에 도움을 주신 TIT의 エネジ變換研究室 神本武征 教授께도 感謝드립니다.

参考文獻

1. 盧相舜, 裴明煥, “물 - 가스 험混合物을 燃料로 使用 한 가솔린機關의 性能 및 排氣成分에 관한 實驗的研究,” 韓國船用機關學會誌, 第8卷, 第2號, pp. 25 ~ 38, 1984.
2. 谷幸夫, “代替燃料とその燃焼技術の動向,” 日本機械學會誌, 第89卷, 第807號, pp. 138 ~ 144, 1986.
3. 赤川裕和, “燃料および代替燃料,” 内燃機關, 第34卷, 第11號, pp. 33 ~ 34, 1995.
4. 井上恵太, 並村欽司, “自動車原動機の環境對應技術,” 朝倉書店, pp. 81 ~ 193, 1997.
5. 裴明煥, 河正鎬, “스크러버型 EGR시스템 디젤機關의 排氣 排出物 特性에 관한 研究,” 韓國船用機關學會誌, 第22卷, 第4號, pp. 481 ~ 489, 1998.
6. Pryor, R. W., Hanna, M. A., Schinstock, J. L., and Bashford, L. L., “Soybean Oil Fuel in a Small Diesel Engine,” Transactions of the ASAE, pp. 333 ~ 337, 1983.
7. Scholl, K. W., and Sorenson, S. C., “Combustion of Soybean Oil Methyl Ester in a Direct Injection Diesel Engine,” SAE 930934, pp. 555 ~ 567, 1993.
8. Akasaka, Y., Suzuki, T., and Sakurai, Y., “Exhaust Emissions of a Diesel Engine Fueled with Blends of Biodiesel and Low Sulfur Diesel Fuel,” SAE 972998, pp. 1 ~ 7, 1997.
9. Choi, C. Y., Bower, G. R., and Reitz, R. D., “Effects of Biodiesel Blended Fuels and Multiple Injections on D. I. Diesel Engines,” SAE 970218, pp. 1 ~ 20, 1997.
10. Goodrum, J. W., and Law, 10. S. E., “Rheological Properties of Peanut Oil - Diesel Fuel Blends,” Transactions of the ASAE, pp. 897 ~ 900, 1982.
11. 大東俊一, 久間秀彦, “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, pp. 92 ~ 95, 1958.
12. Ziejewski, M., and Kaufman, K. R., “Laboratory Endurance Test of a Sunflower Oil Blend in a Diesel Engine,” JAOCs, Vol. 60, No. 8, pp. 1567 ~ 1573, 1983.
13. 浜崎和則, 田中義弘, 中村竹士, 高木哲哉, “なたね油乳化燃料による直噴式ディーゼル機關の性能に及ぼす噴射系の影響,” 日本機械學會論文集(B編), 第61卷, 第581號, pp. 339 ~ 343, 1995.
14. Krahl, J., Vellguth, G., Munack, A., Stalder, K., and Bahadir, M., “Exhaust Gas Emissions and Environmental Effects by Use of Rape Seed Oil Based Fuels in Agricultural Tractors,” SAE 961847, pp. 1 ~ 14, 1996.
15. Niemi, S. A., IIIikainen, P. E., Mkinen, M. L. K., and Laiho, V. O. K., “Performance and Exhaust Emissions of a Tractor Engine Using Mustard Seed Oil as Fuel,” SAE 970219, pp. 21 ~ 32, 1997.
16. 大井明彦, 青山兵五郎, 大内日出夫, 加藤秋男, 山岡正和, “ディーゼル燃料としてのバーム油脂肪酸エステル,” 日本燃料協會誌, 第62卷, 第669號, pp. 24 ~ 31, 1983.
17. Ishii, Y., and Takeuchi, R., “Vegetable Oils and Their Effect on Farm Engine Performance,” Transactions of the ASAE, pp. 2 ~ 6, 1987.
18. Ziejewski, M., Goettler, H. J., Haines, H., and Huang, C., “EMA Durability Tests on High Oleic Sunflower and Safflower Oils in Diesel Engines,” SAE 961846, pp. 1 ~ 7, 1996.
19. 日本環境廳企劃調整局 調査企劃室, “大氣環境等の現狀,” 燃料及燃燒, 第63卷, 第3號, pp. 163 ~ 183, 1996.
20. オレ・グローネ(Grøne, O.), “低速船用機關における排ガス規制への對應,” 日本船用機關學會誌, 第29卷, 第1號, pp. 14 ~ 23, 1994.
21. Robert Bosch GmbH, “Zusammenhang Zwischen Russgehalt Anzeigewert und Bosch ETD 020.00/ETD 020.50,” Bosch Pamphlet.
22. Matsui, Y., Kamimoto, T., and Matsuoka, S., “Formation and Oxidation Process of Soot Particulates in a D. I. Diesel Engine - An Experimental Study via the Two-color Method,” SAE 820464, pp. 1923 ~ 1935, 1983.

저 자 소 개



배명환(裊明煥)

1954년 10월 24일생. 1977년 한국해양대학교 졸업. 1989년 일본동경공업대학 대학원 박사과정 수료(공학박사). 현재 경상대학교 공과대학 기계설계학과 교수



하정호(河正鎭)

1971년 10월 19일생. 1995년 진주산업대학교 졸업. 현재 경상대학교 대학원 박사과정 재학중.