

農用 디이젤 엔진 燃料로서의 에타놀 利用에 關한 研究

Technical Feasibility of Ethanol as a Fuel for Farm Diesel Engines

柳 寬 熙* · 裴 英 煥* · 劉 壽 男*
Ryu, Kwan Hee · Bae, Yeong Hwan · Yoo, Soo Nam

Summary

The objective of this study was to find out the technical feasibility of ethanol-diesel fuel blends as a diesel engine fuel.

Fuel properties essential to the proper operation of a diesel engine were determined for blends containing several concentrations of ethanol in No. 2 diesel fuel.

A single-cylinder diesel engine for a power tiller was used for the engine tests, in which load, speed and fuel consumption rate were measured. The fuels used in tests were No. 2 diesel fuel and a blend containing 10-percent ethanol and 90-percent No. 2 diesel fuel.

The results of the study are summarized as follows.

1. It was not possible to blend ethanol and No. 2 diesel fuel as a homogeneous solution even though anhydrous ethanol was used. The problem of blending ethanol in No. 2 diesel fuel could be solved by adding butanol about 5% of the amount of ethanol in the blends.
2. Because ethanol had a much lower boiling point (78.3°C under atmospheric pressure) than a diesel fuel, it was necessary to store ethanol-diesel fuel blends airtight in order to prevent them from evaporation losses of ethanol.
3. The addition of ethanol to No. 2 diesel fuel lowered the fuel viscosity and the cetane rating, but a blend of 10% ethanol and 90% diesel fuel had a viscosity and a cetane rating well above the KS minimum values for No. 2 diesel fuel.
4. At the rated speed, the specific fuel consumption of No.2 diesel fuel was lower than that of the 10% ethanol blend for the almost entire range of load. However, under the overload condition the specific fuel consumption was lower for the 10% ethanol blend.
5. Under the variable-speed full-load tests, both fuels produced approximately the same torque and power. At the speeds of 1600rpm or below, the specific fuel consumption of No. 2 diesel fuel was lower than that of the 10% ethanol blend.

* 本 연구는 1980年度 韓 國 科 學 財 團 定 着 研 究 費 의 支 援 으 로 遂 行 된 것 임.

** 서울대학교 農科大學 農工學科

At the speeds of 1600rpm or above, however, the specific fuel consumption was lower for the 10% ethanol blend.

6. At the ambient temperature above 15°C, the use of the 10% ethanol blend in the engine created a vapor lock in the fuel injection pump and stalled the engine. The vapor locking problem was overcome by chilling the surroundings of the fuel injection pump and the cylinder head with water.

1. 緒 言

오늘날 先進的인 産業構造는 大量的의 石油에너지 消費를 前提로 成立되어 왔다. 資源의 有限性에 대한 消費의 急増은 “石油에너지 危機”를 極度로 深化시키고 있으며, 마침내 世界經濟를 破局으로 몰아 넣을 위험마저 지니고 있다. 이러한 狀況속에서 에너지 賦存資源이 거의 없는 우리나라의 에너지 構造는 總에너지의 60% 以上을 石油에 依存하고 있으며, 80年度의 石油收入量은 2億배럴 이상으로서 이로 인한 外貨支出이 60億弗에 達하였다.

한마디로 에너지 問題의 效果的인 解決策이 없이는 모든 分野의 成長에 限界를 認定하지 않을 수 없는 時點에 到達한 우리나라의 에너지 政策은 가능한 한 빠른 시일내에 石油에너지 依存度를 줄이고 에너지源의 多元化에 焦點을 두고 있으며 主要對象은 原子力에너지, 太陽에너지, 風力 및 潮力 等の 自然條件을 利用한 에너지, biomass를 利用한 에너지 등으로서 多樣하고 廣範圍하다 이 중에서도 biomass에 의한 石油代替에너지의 生産은 대부분의 나라가 이룩할 수 있는 分野로 지적되고 있다.

이미 Brazil에서는 사탕수수를 原料로 한 알콜(에타놀, ethanol)을 생산하여 자동차용 燃料로서 이용하고 있고 美國에서도 옥수수와 같은 穀物을 原料로한 알콜을 가솔린과 혼합한 혼합燃料을 자동차용 燃料로서 이용함으로써 石油에너지의 依存度를 줄이는데 기여하고 있다. 특히 우리나라와 같이 에너지 賦存資源이 거의 없고 戰爭의 危險이 常存하는 상황 아래에서는 앞으로 國內栽培가 가능한 식물을 原料로 한 代替燃料로서의 알콜生産이 必要하리라 생각된다.

따라서 현재 農業用, 産業用 및 軍事用 장비에 가장 많이 이용되고 있는 디젤엔진에 알콜을 燃料로서 效果적으로 使用할 수 있는 方法에 대한 기초적인 연구가 요망된다. 알콜을 가솔린과 혼합하여 가솔린엔진에 사용하는 方法에 대해서는 많은 연

구결과가 보고되고 있지만 에타놀을 디젤엔진에 이용하는 方法에 대해서는 Wrage와 Goering⁴⁾에 의하여 처음으로 시도되었다. 이들에 의하면 에타놀과 디젤유(디젤유 90%, 에타놀 10%)를 사용하더라도 엔진의 出力이 저하되지 않으며 연소소모율은 약간 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 이들이 지적한 기술적인 문제점으로는 에타놀의 沸騰點이 낮아서 혼합燃料의 밀폐저항이 요구되며 燃料噴射점에서의 蒸氣閉塞(vapor lock)現象에 대한 對策이었다.

本 研究의 目的은 알콜과 디젤유의 混合燃料을 農用 디젤엔진의 燃料로서의 利用 가능성을 究明하는데 있으며, 그 具體的인 目的은 다음과 같다

- (1) 알콜과 디젤유의 配合에 따른 燃料의 特性을 調査하며,
- (2) 알콜과 디젤유의 混合燃料이 디젤엔진의 性能에 미치는 影響을 調査한다.

2. 材料 및 方法

가. 燃料特性 調査

디젤엔진의 性能에 影響을 주는 燃料의 性質로서 粘性, 세탄價, 熱量價, 沸騰點 및 理論空氣燃料比등을 다음과 같이 調査하였다.

1) 粘度(viscosity)

工業振興廳의 石油製品의 動粘度 測定方法(KS M 2014)에 따라 Saybolt Viscometer(日本油試驗機工業株式會社製 AN-108-A)를 사용하여 각각의 混合燃料을 37.8°C (100°F)에서 動粘度를 SUS(Saybolt Universal Secends)로 測定하였다. SUS單位(32이상)의 動粘度는 다음의 近似式⁵⁾에 의하여 cSt(centistokes)로 換算하였다.

$$V = 0.216SUS - \frac{166}{SUS} \dots\dots(1)$$

2) 세탄價(cetane number)

디젤엔진 燃料의 耐爆性(anti-knock quality)의 指標인 세탄價는 두 燃料의 세탄價와 混合比率

에 의하여 算出하였다. 여기에서 에타놀의 세탄價는 0으로 하고, 디젤유의 세탄價는 國內 精油會社의 試驗值인 57.4를 使用하였다.

3) 熱量價(heating value)

混合燃料의 熱量價는 두 燃料의 熱量價와 混合比率에 의하여 算出하였다. 여기에서 에타놀의 熱量價는 Bolz와 Tube²⁾가 보고한 7289kcal/kg을 使用하였으며 디젤유의 高位 熱量價(H_h) 및 低位 熱量價(H_l)는 API 比重을 利用한 다음의 近似 計算式¹⁾으로 求하였다.

$$H_h = 10237 + 22.2(API - 10) \text{ kcal/kg} \dots (2)$$

$$H_l = H_h(0.7190) + 2388 \text{ kcal/kg} \dots (3)$$

4) 理論空氣燃料比(stoichiometric air-fuel ratio)

化學反應式에 의하여 各各의 燃料을 完全燃燒 시키는데 필요한 理論空氣燃料比를 算出하고, 이들과 混合比率에 의하여 混合燃料의 理論空氣燃料比를 算出하였다. 計算에 使用한 에타놀의 化學式은 C_2H_6O 이며, 디젤유의 化學式은 cetane($C_{16}H_{34}$)이었다.

5) 沸騰點(boiling point)

에타놀과 디젤유의 沸騰點은 文獻에 의하여 調査하였다.

나. 엔진性能試驗

1) 供試機

엔진性能試驗에 使用한 엔진은 動力耕耘機用 搭載엔진으로서 主要仕樣은 Table 1에서 보는 바와

Table 1. Specifications of the engine used in the experiment.

Item	Specification
Maker & model	Dae dong, ND80
Type	Horizontal, water-cooled, 4-cycle
Combustion chamber type	Precombustion chamber
No. of cylinder	1
Bore × stroke(mm)	92 × 95
Rated output(Ps · hr/rpm)	8/2200
Max. output(Ps · hr/rpm)	11/2200
Max. torque(kg · m/rpm)	3.9/1900
Compression ratio	21
Injection pump	Bosch-A
Injection timing(° BTDC)	15

같다.

2) 測定裝置

엔진의 出力은 prony brake에 의하여 토오르크를 測定하고, universal counter (ONO SOKKI, MS-502)와 magnetic pickup(ONO SOKKI, MP 910)에 의하여 回轉速度(rpm)를 測定하여 算出하였다. 또한 燃料消耗率은 燃料測定用 부릿트(burette)에 의하여 一定한 試驗時間 동안 消耗된 양을 測定하여 算出하였다.

3) 試驗方法

가) 全負荷 試驗(full-load variable-speed test)

엔진이 定格回轉速度(2200rpm)에서 定常狀態로 加溫(warm-up)된 후 엔진의 回轉速度를 1000~2200 rpm의 범위에서 300rpm의 간격으로 변화시키면서 各各의 回轉速度에서 最大負荷를 유지하도록 調整하여 시험을 행하였다. 各各의 回轉速度에서 푸르니 브레이크의 荷重, 燃料消耗量 등을 測定하였다.

나) 部分負荷試驗(part-load test)

全負荷試驗과 마찬가지로 엔진이 定格回轉速度에서 正常狀態로 加溫된 후 엔진의 負荷를 無負荷, 1/4, 2/4, 3/4, 4/4, 11/10 및 最大負荷로 변화시킬 때의 燃料消耗率 및 負荷를 測定하였다.

3. 結果 및 考察

가. 에타놀과 디젤유의 配合性

試驗用的 에타놀(99.5%)과 디젤유를 여러가지 비율로 配合한 결과 均一한 混合物을 이루지 못하고 두層으로 分離되었다. Wrage 및 Goering³⁾의 보고대로 無水에타놀(anhydrous ethanol)을 구하여 디젤유와 混合하였으나 역시 마찬가지로 均一한 混合物을 이루지 못하고 두層으로 分離되었다.

美國 Illinois 大學校 農工學科의 Georing教授에게 書信으로 問議한 결과 부타놀(butanol, $C_4H_{10}O$)을 少量 첨가할 것을 提示하였다. 그에 따르면 純粹에타놀과 純粹디젤유는 이론적으로 配合이 可能하지만 실제적으로는 困難하다고 하였다. 各各의 混合比에 따라 에타놀量의 5%程度 첨가한 결과 均一한 混合物을 얻을 수 있었다.

이들 混合物을 室內에서 密封하지 않는 상태로 長時間 放置한 결과 混合物 中の 에타놀이 빨리 蒸發하였다. 따라서 混合物은 에타놀의 損失을 방지하기 위하여 반드시 密閉貯藏할 필요가 있다. 또한

이들 혼합물에 少量의 물을 첨가한 결과 디젤유, 에타놀 및 물의 3가지 層으로 分離되었다. 따라서 混合燃料의 取扱에는 特別한 注意가 要망된다.

나. 燃料의 特性

1) 粘度

디젤 엔진의 燃料은 粘度가 너무 크면 流動抵抗이 커져서 噴射時에 高壓을 필요로 하므로 燃料噴射펌프의 所要動力이 增加하며, 또한 噴射時에 燃料의 粒子가 커져 分散性이 나빠지고 着火遲延에 영향을 미쳐서 不完全燃燒가 되어 燃料消耗率이 增加하는 문제점이 있다.

반대로 粘度가 너무 낮으면 潤滑機能이 低下되어 噴射펌프나 노즐의 磨耗가 일어나고 噴射펌프에서 새는 양이 많아지기 때문에 噴射量이 減少하여 出力이 減少된다. 또한 噴射時의 燃料의 粒子가 너무 작아져 壓縮空氣層으로 進入할 때 貫通力이 弱하기 때문에 擴散狀態가 좋지 못하여 디젤 녹크와 後期燃燒의 原因이 된다.

Saybolt viscometer에 의하여 粘度를 測定한 결과 에타놀의 動粘度는 1.49cSt(31.4SUS), 2호 디젤유의 動粘度는 3.33cSt(3.65SUS)로 나타났다.

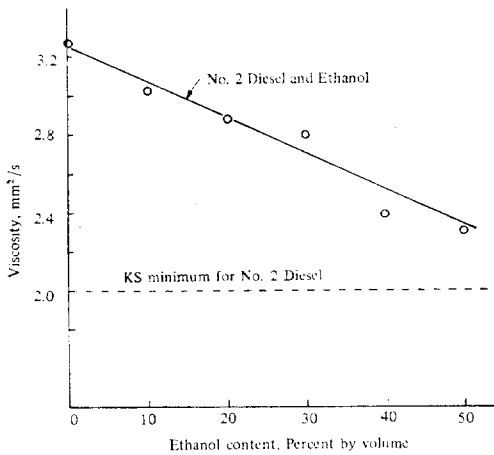


Fig. 1. Effect of ethanol concentration on fuel viscosity

에타놀의 混合比率에 따른 混合燃料의 動粘度는 Figure 1에서 보는 바와 같이 에타놀의 混合比率이 클수록 거의 直線的으로 減少하였다. ASTM(American Society for Testing Materials)에서는 2호 디젤유의 動粘度를 2.0~4.3cSt(centistokes)로

규정하고 있고, KS M 2610에는 2호 디젤유의 動粘度를 2.0~5.8cSt로 규정하고 있으므로 50%의 에타놀 混合比率에서도 最低粘度條件을 滿足시킨다

2) 세탄價

세탄가는 디젤燃料의 着火性を 나타내는 指標이다. 燃料의 세탄가가 높으면 보다 낮은 氣溫下에서도 始動이 容易하며 加溫(warm-up)時間이 短縮되며, 디젤녹크가 감소된다.

디젤 燃料의 세탄가와 가솔린 燃料의 옥탄가는 逆의 關係를 갖고 있어서 옥탄가가 높은 연료는 낮은 세탄가를 갖는다. 에타놀의 옥탄가는 100이상으로 알려져 있으므로 세탄가는 0으로 推定된다.⁴⁾

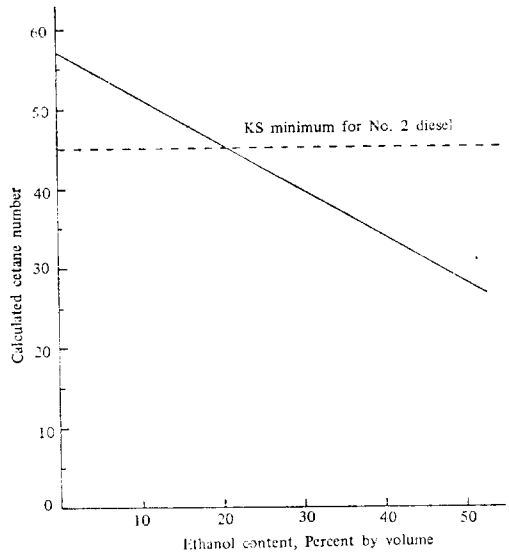


Fig. 2. Effect of ethanol concentration on cetane number

Figure 2는 에타놀의 混合比率에 따른 混合燃料의 세탄가를 나타낸 것이다. 2호 디젤유에 대한 KS규격은 세탄가 45이상(KS M 2610)이므로 에타놀 混合比率이 21%이상이면 이 基準을 초과하게 된다.

3) 熱量價

국내에 市販되고 있는 2호 디젤유는 API比重이 39로서, 熱量價의 近似式⁵⁾에 의하여 산출한 결과 高位熱量價(high heating value)는 10880 kcal/kg이었다. 또한 에타놀의 高位熱量價는 Bolz와 Tuve⁶⁾에 의하면 7290kcal/kg이다.

Figure 3은 에타놀의 混合比率에 따른 混合燃料

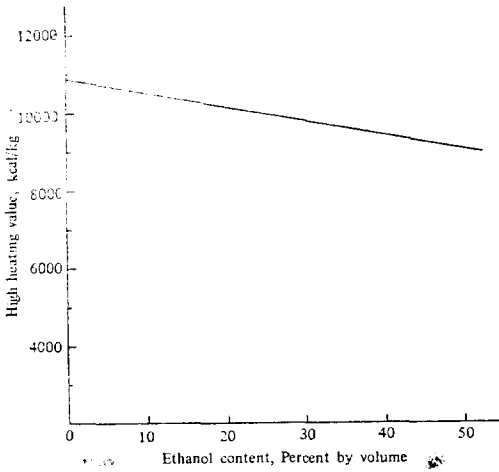


Fig. 3. Effect of ethanol concentration on high heating value

의 熱量價를 成分比와 각각의 熱量價에 의하여 算出한 結果를 나타낸 것이다.

에타놀의 燃料特性중 가장 不利한 것은 熱量價가 낮다는 것이다. 理論上으로는 熱量價가 낮으면 그만큼 더 많은 量의 混合燃料을 噴射시키면 되지만, 既存엔진의 燃料噴射펌프와 노즐을 交換하지 않으면 안된다. 따라서 既存엔진의 燃料噴射系統으로는 混合燃料의 熱量價가 디젤유의 90~95% 정도는 되어야 한다.

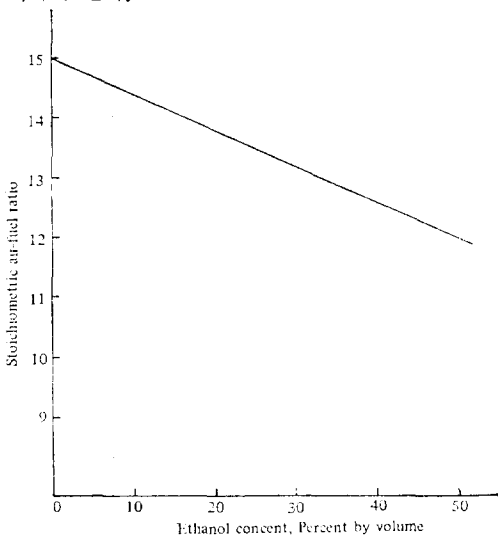


Fig. 4. Effect of ethanol concentration on stoichiometric air-fuel ratio

熱量價가 디젤유의 95%에 해당하는 에타놀 混合比率는 약 15%, 90%에 해당하는 에타놀 混合比率는 약 30%이다.

4) 理論空氣燃料比

에타놀의 化學式을 C_2H_6O , 2호 디젤유의 化學式을 세탄(cetane, $C_{18}H_{34}$)으로 사용하여 算出한 理論空氣燃料比는 각각 9:1, 15:1이다. Figure 4는 에타놀 混合比率에 따른 混合燃料의 理論空氣燃料比를 나타낸 것이다.

에타놀의 理論空氣燃料比가 9:1로서 낮은 理由는 에타놀分子가 酸素를 包含하고 있기 때문이다. 디젤엔진에 流入되는 空氣의 量은 一定하다고 가정할 수 있으므로 에타놀 混合에 따른 熱量價의 減少로 인한 出力低下는 더 많은 量의 燃料을 噴射함으로써 充分히 相殺할 수 있다. 但 여기서 注目할 것은 어떻게 多量의 混合燃料을 분사할 때 熱效率에 至大한 影響을 주는 遮斷比(cut-off ratio)를 適切히 維持하는가 하는 問題와 세탄價의 低下에 따른 디젤 녹크의 증가에 대한 對策이 必要하다는 것이다.

5) 沸騰點

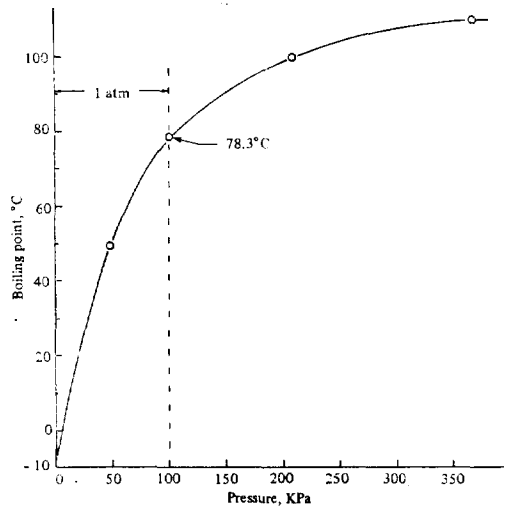


Fig. 5. Effect of pressure on the boiling point of ethanol (Bolz and Tuve, 1970)

에타놀의 沸騰點은 Figure 5와 같이 壓力에 따라 변하며, 大氣壓下에서 78.3°C의 낮은 값을 갖는다. 디젤유의 沸騰點은 大氣壓下에서 200~340°C로서 貯藏이나 燃料噴射系統에 아무런 問題가 없으나 에타놀의 경우에는 沸騰點이 낮아서 加壓容器에 貯

藏할 필요가 있으며, 엔진이 加熱되어 燃料噴射펌프의 溫度가 에타놀의 沸騰點보다 높을 경우 燃料噴射펌프나 燃料管內에 蒸氣閉塞(vapor lock)가 일어나서 엔진의 作動이 圓滑하지 않을 可能性이 있다.

다. 엔진 性能試驗

1) 混合燃料의 選擇

앞의 燃料特性調查에서 考察한 바와 같이 에타놀과 디젤유의 混合燃料은 디젤燃料로서의 여러 가지 性質을 갖추지 않으면 안된다. 엔진 性能試驗에서는 여러가지 特性을 고려하여 에타놀 10%와 2호 디젤유 90%를 混合한 燃料을 選擇하여 出力 및 燃料消耗率을 순수 2호 디젤유와 比較하였다.

여기에서 使用한 에타놀 混合燃料은 動粘度 3.0 cSt, 세탄價 51.7, 高位 熱量價 10,520 kcal/kg으로서 2호 디젤유의 KS 규격을 滿足시켰다.

2) 負荷別 燃料消耗率

엔진의 定格回轉速度 2,200rpm에서 定格出力 8PS의 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{4}$, $\frac{11}{10}$ 및 最大出力에 해당하는 負荷를 걸어서 燃料消耗率을 測定하였다.

無負荷時 定格回轉速度에서의 燃料消耗量은 디젤유가 501g/hr, 에타놀 混合燃料이 550g/hr로서

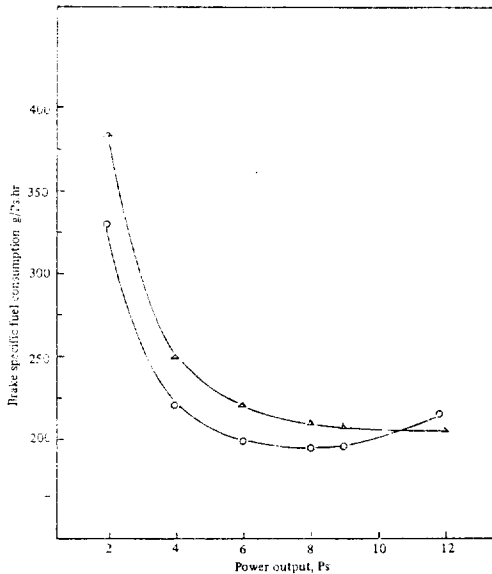


Fig. 6. Effect of fuel type on the brake specific fuel consumption at the rated speed of the 8PS diesel engine(2200rpm)

에타놀 混合燃料의 경우가 10% 더 消耗되는 것으로 나타났다. 그 理由는 에타놀의 熱量價가 낮은點과 無負荷에서와 같이 稀薄한 空氣燃料比에서는 에타놀이 잘 着火하지 않는 때문으로 생각된다.

負荷에 따른 燃料消耗率은 Figure 6과 같이 작은 負荷에서는 에타놀 混合燃料이 디젤유보다 더 높은 것으로 나타났다. 그러나, 過負荷일수록 燃料消耗率의 差異가 적어져서 最大負荷에 接近하면 에타놀 混合燃料이 오히려 낮은 燃料消耗率을 나타냈다. 이것은 最大出力에 接近할 수록 燃料粒子가 化合할 수 있는 酸素分子의 發見이 重要한 要因이 되기 때문으로 생각된다. 即 에타놀은 그 自體에 酸素를 包含하고 있기 때문에 더 많은 量의 燃料을 效率的으로 燃焼시킬 수 있다.

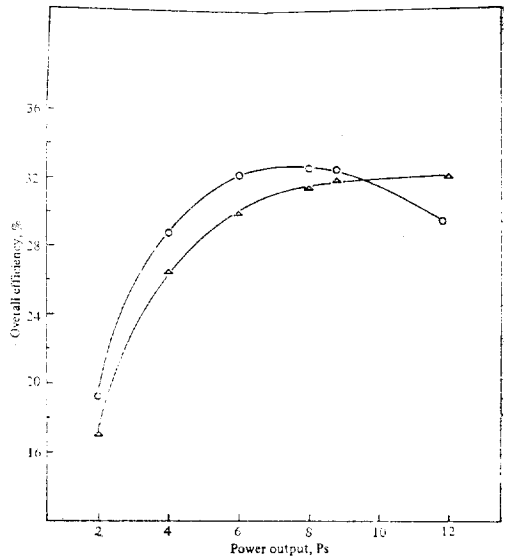


Fig. 7. Effect of fuel type on the overall efficiency at the rated speed of the 8-Ps diesel engine(2200 rpm)

Figure 7은 두가지 燃料의 總效率의 變化를 나타낸 것이다. 여기서 總效率이라 함은 燃料의 低位熱量價로서 換算한 投入에너지와 有効일로 전환된 에너지의 비율을 말한다. 에타놀混合燃料은 순수 2호 디젤유에 비하여 熱量價가 낮기 때문에 燃料消耗率만 가지고 比較하기가 곤란하기 때문이었다.

Figure 7에서보는 바와 같이 20% 過負荷까지는 디젤유의 경우가 높은 總效率을 나타내고 있어 에타놀 混合燃料의 效率的인 利用이 困難하였다.

또한 이 엔진은 디젤유를 사용할 때 定格出力에서 最大効率을 나타내는 반면 에타놀混合燃料은 最大出力에서 最大効率을 나타내었다. 따라서 에타놀 混合燃料은 큰負荷에서 使用하는 것이 有利하였다.

3) 全負荷時의 速度別 토크 出力, 燃料消耗率

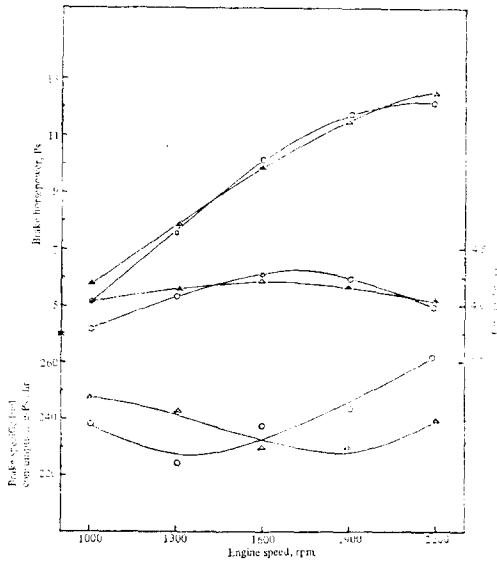


Fig. 8. Effect of fuel type on the full-load performance of the 8-PS diesel engine

Figure 8은 回轉速度別 全負荷에서의 토크, 出力 및 燃料消耗率을 나타낸 것이다. 토크 및 出力은 디젤유와 에타놀 混合燃料 사이에 별 差異가 없었으나 디젤유의 경우가 1,500~2,000rpm의 범위에서 약간 높은 토크와 出力을 나타내었다.

燃料消耗率에 있어서는 1,600rpm 이하의 속도에서는 디젤유가 낮은 것으로 나타났으나, 높은 回轉速度에서는 반대로 에타놀 混合燃料이 낮은 것으로 나타났다. 이것은 높은 回轉速度에서는 燃燒時間이 짧아 酸素分子의 有用성이 큰 에타놀 混合燃料이 더 効率的으로 燃燒될 수 있었기 때문으로 판단된다. 이와 같은 事實은 높은 回轉速度에서 디젤유의 경우 煙氣色이 훨씬 검게 나타난 것으로도 뒷받침되었다.

5) 蒸氣閉塞

에타놀은 沸騰點이 낮아서 燃料噴射系統에서 蒸氣閉塞現象이 일어나 엔진의 作動이 圓滑하지 않거

나 停止되는 것으로 報告된 바 있다. 本 實驗에 사용한 디젤 엔진의 경우에도 氣溫이 20°C 정도로 높았을 때는 엔진의 作動이 圓滑하지 못하고 한번 엔진이 停止한 경우가 있었다. 엔진의 運轉을 계속하기 위해서 가끔 燃料噴射펌프 周圍에 물을 부어서 冷却시키지 않으면 안되었다. 그러나 5°C 이하의 室內溫度에서 엔진性能試驗을 實施하는 동안에는 이러한 蒸氣閉塞現象은 일어나지 않았다.

에타놀 混合燃料을 디젤 엔진에 利用하기 위해서는 燃料管이나 燃料噴射펌프의 溫度가 에타놀의 沸騰點 이상으로 올라가지 않도록 設計되어야 할 것이다.

4. 要約 및 結論

에타놀을 디젤 엔진의 燃料로서 利用하기 위하여 여러가지 에타놀 配合比率에 따라 燃料을 混合하고, 이들 燃料에 대하여 디젤 엔진의 圓滑한 作動에 必要한 燃料의 特性을 實驗的 또는 計算에 의하여 調査하였다.

여러가지 混合燃料 중에서 體積比로서 10%의 에타놀과 90%의 디젤유를 混合한 燃料을 엔진性能試驗用으로 選擇하였다. 엔진性能試驗에는 현재 農業用으로 널리 利用되고 있는 動力耕機 拾載用 8PS 디젤 엔진을 使用하였다. 性能試驗에서는 10%에타놀 混合燃料과 2호 디젤유에 대하여 出力, 燃料消耗率, 回轉速度를 測定하였다.

本研究의 結果는 다음과 같이 要約될 수 있다.

1. 에타놀과 디젤유의 混合은 無水에타놀을 사용하더라도 均一한 混合物을 이루지 못하고, 에타놀이 디젤유와 層으로 分離되어 뜨는 현상을 나타냈다. 均一한 混合物을 만들기 위해서는 에타놀量의 5% 정도의 부타놀을 界面活性劑로서 使用하지 않으면 안되었다.

2. 에타놀은 그 沸騰點이 大氣壓下에서 78.3°C로 디젤유보다 매우 낮아서 密閉貯藏하지 않으면 蒸發損失될 염려가 있다.

3. 에타놀의 混合은 粘度와 세탄價를 減少시켰으나 10% 에타놀 混合燃料은 KS M 2610의 最少值를 훨씬 超過하였다.

4. 定格回轉速度에서는 거의 모든 負荷에서 디젤유가 에타놀 混合燃料보다 낮은 燃料消耗率을 나타냈으나, 過負荷가 될 수록 에타놀 混合燃料이 낮은 燃料消耗率을 나타냈다.

5. 回轉速度別 最大負荷試驗 結果 에타놀 混合燃料은 디이젤유와 거의 같은 토크 및 出力을 나타냈으나 燃料消耗率은 1,600rpm이하의 낮은 回轉速度에서는 디이젤유가, 1,600rpm以上の 높은 回轉速度에서는 에타놀 混合燃料가 낮은 것으로 나타났다.

6. 20°C이상의 室內溫度에서 에타놀 混合燃料로써 엔진을 作動할때에 蒸氣閉塞現象이 일어나서 出力이 減少하고 엔진이 停止하는 경우가 있었다. 이때 실린더헤드와 燃料噴射펌프 周圍에 물을 부어서 엔진을 계속 作動할 수 있었다.

引用文獻

1. Barger, E.L. et al. 1979. Tractors and their

power units. 3rd ed. New York. John Wiley and Sons, Inc.

2. Bolz, R.E., and G.L. Tuve. 1970. Handbook of tables for applied engineering science. Cleveland, Ohio. The Chemical Rubber Company.

3. Burrows, W.C. et al. 1977. Changing portable energy sources-An assessment. Moline, Illinois. Deere and Company.

4. Wrage, K.E., and C.E. Goering. 1979. Technical feasibility of diesohol. ASAE Paper No. 79-102. Presented at the 1979 summer meeting of ASAE and CSAE.

4. 其 他

가. 海外 留學

先進 農業國의 農業機械技術 및 學問을 익히기 爲하여 本學科 在學生 들을 海外에 파견하고 있다. 現在 留學生을 파견하기로 약정이 된 나라는 서독, 이탈리아 등이며, 이들 국가에 매년 각2~4명씩을 파견하게 된다. 앞으로 이 계획은 스위스, 네덜란드, 캐나다 등으로 확대하여 더 많은 人員을 연수시킬 예정이다.

지금까지 해외 연수 파견 약정국 및 실적은 다음과 같다.

- 서독 ; 3個月간 本學科 4年 在學生 1名
- 이탈리아 ; 15個月간 本學科 4年 在學生 2名

나. 卒業綜合試驗制度

<101page로 부터 계속>

本學科 學生은 모두 農學士 資格의 取得要件으로 卒業綜合試驗에 응시하여 과락없이 平均 60點以上을 획득하여야 한다. 最終學期末에 學校에서 지정한 기간에 시험에 임하게 되며, 시험과목은 8個과목으로 다음과 같다.

①基礎科目 ; 材料力學, 熱力學, 流體力學, 機械力學

②應用科目 ; 農業動力, 農作業機械學, 農産加工機械學, 農業機械設計

다. 施設擴充計劃

① 年間 2,000여 만원의 特別敎費지원으로 現在 約 6,000여만원 상당의 實驗實習機器를 갖추고 있음.

② 敎育借款에 의하여 研究施設 및 實驗實習機器를 대폭 확충 예정이다.