

스크러버형 EGR시스템 디젤기관의 배기 배출물 특성에 관한 연구

裴 明 煥* · 河 正 鎬**

A Study on the Characteristics of Exhaust Emissions in Diesel Engines with Scrubber EGR System

M. W. Bae* · J. H. Ha**

Key words : Exhaust Gas Recirculation(EGR), Brake Specific Fuel Consumption Rate(BSFC), Rate of Heat Release, Diesel Engine, Exhaust Emissions, Premixed Combustion

Abstract

The effects of recirculated exhaust gas on the characteristics of fuel economy, combustion and exhaust emissions have been experimentally investigated by a four-cylinder, four cycle, indirect injection, water-cooled and marine diesel engine operating at several loads and speeds. In order to reduce the soot contents in the recirculated exhaust gas to intake system of the engine, a novel diesel soot removal system with a cylinder-type scrubber which has 6 water injectors(A water injector has 144 nozzles in 1.0 mm diameter) is specially designed and manufactured for the experiment system. The experiments in this study are performed at the fixed fuel injection timing of 15.3° BTDC regardless of experimental conditions. The brake specific fuel consumption rate is slightly fluctuated with EGR in the range of experimental conditions. The maximum value of premixed combustion for the rate of heat release is decreased with EGR at engine load 25% and the ignition is slightly delayed with EGR at engine load 100%. NOx emissions are markedly decreased with EGR, especially at high loads, while soot emissions are increased as the EGR rate rises.

* 慶尙大學校 機械設計學科, 航空機部品技術研究中心 (원고접수일 : 97년 12월)

** 慶尙大學校 大學院

1. 緒 論

디젤機關은 熱效率이 높고, 出力에 比하여 CO₂ 排出量이 적기 때문에, 에너지 節約과 地球溫暖化 抑制의 次元에서 바람직한 熱機關으로 알려져 있으므로 小型高速에서 大型低速까지 여러 가지 用途로 採用되리라 豫想되지만, 窒素酸化物, 煤煙 등의 排氣 排出物에 의한 大氣汚染이 問題되고 있어 그 低減對策이 强하게 要求되고 있다.

디젤機關의 排氣 排出物은 機關自體 改良, 後處理, 燃料性狀 改善 등의 方法에 의해 低減시키는 對策이 있는데, 디젤機關은 排氣中에 많은 量의 酸素를 含有하고 있기 때문에, 가솔린機關에 採用되고 있는 三元觸媒의 使用이 어렵다. 또한, 높은 信賴性和 耐久性이 要求되기 때문에, 排氣 後處理 裝置의 開發도 쉽지 않다¹⁾. 따라서 現在까지 排氣 排出物의 低減對策은 주로 燃燒改善 등의 機關自體 改良에 의해 遂行되어 왔다.

著者は 디젤機關에 EGR시스템을 採用하여 再循環 排氣가 燃料消費率, 窒素酸化物, 煤煙 排出物 등에 미치는 影響을 EGR率의 增加에 따라 變化하는 吸入酸素濃度, 排氣酸素濃度 및 當量比에 의해 考察해 보았다²⁻⁴⁾. 또한 스크러버型 EGR시스템 디젤機關에 있어서 再循環 排氣가 機關内部의 磨耗에 어느 程度 影響을 미치는가를 調査하여 EGR를 採用時 磨耗에 相當한 影響을 미치고 있음을 밝혔다⁵⁾.

NO_x와 煤煙이 生成되는 過程은 서로 同時에 滿足시킬 수 없는 條件 때문에, 現狀態에서 機關自體의 改良만에 의해 이들을 同時에 低減시키는 것은 無理이다. 따라서 前處理, 後處理, 燃燒改善 등의 技術을 組合시킨 方法을 採用하지 않으면 안된다.

本 研究에서는 再循環 排氣에 물을 噴射시켜 煤煙을 除去시킨 후, 서지탱크에 보내 新氣와 混合된 混合物를 燃燒室內에 보내는 새로운 方法을 創案하였다. 이와 같은 研究는 NO_x 低減을 위한 EGR 採用과 煤煙除去를 위한 스크러버型 물噴射 시스템을 同時에 適用하는 實驗을 통해 디젤機關의 機關負荷 및 機關回轉速度를 파라미터로 해서 EGR率을 變化시켰을 境遇, 再循環 排氣와 燃料消費率 및 排氣 排出物과의 關係를 現象論의으로 調

査하고, 燃燒壓力 및 熱發生率을 利用한 燃燒解析의 特性에 의하여 排氣 排出物에 미치는 再循環 排氣의 影響을 考察하는 것이 目的이다.

2. 實驗 裝置 및 方法

2.1 實驗裝置

本 實驗에 使用된 實驗裝置 構成圖는 Fig. 1과 같은데, 機關은 國內에서 生産되는 船用機關으로 水冷, 4氣筒, 間接噴射式의 4行程 디젤機關이며, 主要 諸元을 Table 1에 보여주고 있다.

Table 1 Specifications of Test Engine

Item	Specification
Type	4 Cylinder, Water-Cooled, 4 Cycle, Indirect Injection, Natural Aspiration
Piston Displacement(cc)	3260
Bore(mm)×Stroke(mm)	96 × 115
Max. Power	29.4 kW / 1800 rpm
Fuel Injection Timing	BTDC 15.3°
Compression Ratio	20 : 1

機關의 出力은 直流形 電氣動力計를 使用하여 測定하였고, 燃燒室의 壓力測定을 위해 첫번째 실린더의 헤드부에 壓電式 壓力變換器를 設置하였다. 燃料消費率은 流量計를 利用하여 單位燃料의 消費되는 時間을 計測하여 消費量을 換算하는 體積式 方法을 採用하였고, 吸入空氣量의 測定은 오리피스에 의한 디지털式 空氣流量計를 利用했다. 또한 排氣 排出物은 排氣 分析器(Horiba Mexa-8020D)와 보쉬(Bosch)式 스모크 測定器를 利用하여 測定하였다.

再循環 排氣의 適切한 供給을 위해 루트式 送風機를 스크러버의 出口쪽과 서지탱크의 入口사이에 連結하여 煤煙除去裝置로 인한 機關의 背壓을 最小化할 수 있도록 構成하였다. 機關吸氣側에는 서지탱크를 設置하여 新氣와 再循環가스가 잘 混合될 수 있을 뿐만 아니라, 脈動現象을 줄일 수 있도록 하였고, 디지털式 濕度計를 設置하여 混合吸入 空氣(新氣+再循環 排氣)의 濕度を 計測하였다.

2.2 물 噴射式 煤煙除去裝置

再循環되는 排氣中の 煤煙을 除去시킬 目的으로 設計하여 製作된 水噴射式 煤煙除去裝置 (scrubber)의 概略圖는 Fig. 2와 같다. 機關에서 排出된 排氣가 스크러버 側面下端의 入口管(G_{in})으로 들어와 攪亂用的 링과 부딪치며 通過된 후, 直徑 1 mm인 114個의 노즐구멍에서 噴射되는 물에 의해 煤煙이 除去된다. 이 때 噴射되는 流量은 솔레노이드 밸브 流量計에 의해 EGR率에 따라 自動적으로 調節된다. 이렇게 煤煙이 除去된 排氣는 水分分離裝置(demister)를 通過하면서 水分이 除去되고, 上部의 出口管(G_{out})을 통하여 送風機에 의해 서지탱크內로 들어가 吸入된 新空氣와 混合된다. 噴射된 물이 入口管을 넘지 않도록 스크러버 下端에 排出管을 設置하였고, 入口管을 통하여 들어온 排氣가 바로 排出管으로 빠져나가는 것을 防止하기 위하여 스크러버內의 밑바닥에 止 boards (baffle plate)을 設置하였다.

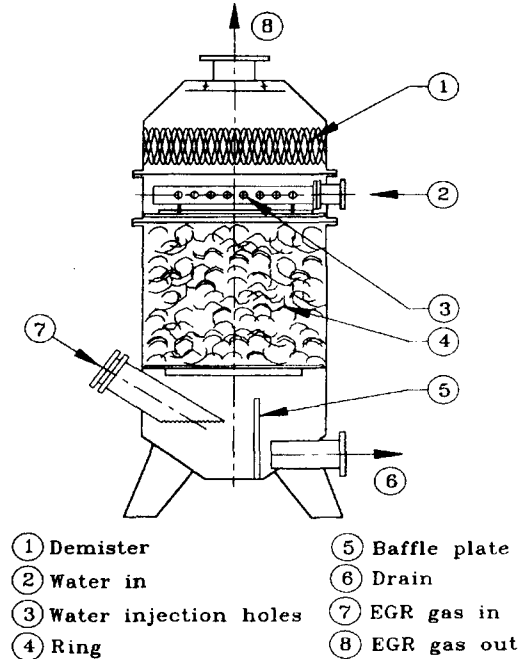


Fig. 2 Assembly of a novel diesel soot removal system with a cylinder-type scrubber

2.3 實驗方法

本 研究에서는 機關回轉速度 1400 및 1600 rpm의 두 境遇에 대해서 機關負荷를 25%에서 100%까지 25% 間隔으로, EGR率을 0에서 25%까지 5% 間隔으로 變化시키면서, 機關回轉速度, 機關負荷 및 EGR率의 3個 파라미터중 2個를 固定한 狀態에서 하나만을 變化시키는 實驗을 하였다. 本 實驗에서는 同一 條件일지라도 EGR率의 變動率은 $\pm 2.5\%$ 以下이고, 機關負荷의 變動率은 $\pm 5\%$ 以下이다. 高EGR率의 影響에 대한 實驗을 하기 위하여 30% 以上인 境遇를 試圖해 보았지만, 煤煙의 過多排出과 機關出力의 低下로 正常的인 運轉이 어려웠을 뿐만 아니라, 얻어진 데이터의 信賴性 때문에, 本 研究에서 除外시켰다.

實驗을 하는 동안 水冷式 熱交換器를 利用하여 機關의 冷却水와 潤滑油 溫度를 調節하였고, 機關의 作動 및 燃燒 狀態를 隨時로 點檢하기 위하여

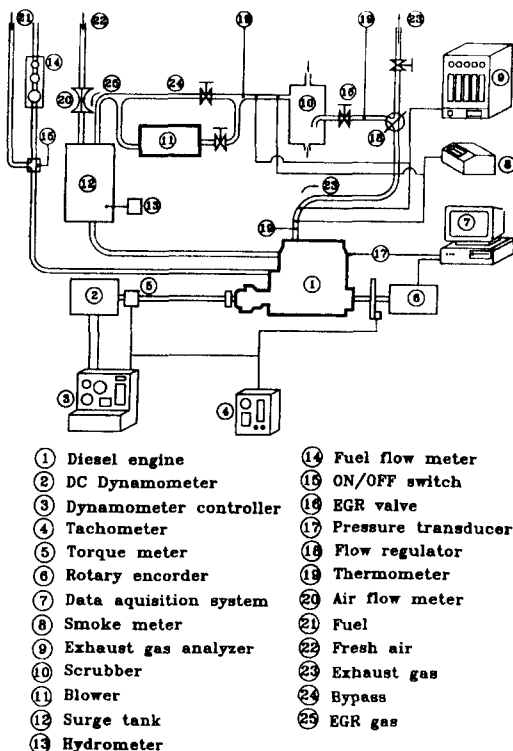


Fig. 1 Schematic of experimental apparatus

機關 및 各 部位(排氣管, 스크러버 入·出口, 冷却水 入·出口, 潤滑油, 서지탱크)에 J型 熱電對(IC)를 挿入하여 溫度를 測定하였다.

再循環 排氣의 實驗에 있어서 EGR率은 全體 燃燒室 吸氣量에 대한 再循環되는 排氣量, 즉 새로운 吸入空氣量의 減少率으로써 求하기도 하지만, 本研究에서는 吸氣管 및 排氣管에서 CO₂ 濃度를 測定하여 다음과 같은 式에 의해 計算하였다^(6,7).

$$\text{EGR Rate}(\%) = \frac{[\text{CO}_2]_{\text{EGR}} - [\text{CO}_2]_{\text{w/o EGR}}}{[\text{CO}_2]_{\text{EXH}}} \times 100$$

여기서, [CO₂]_{EGR} 은 EGR時 吸氣의 二酸化炭素 濃度, [CO₂]_{w/o EGR} 은 EGR을 하지 않았을 境遇 吸氣內의 二酸化炭素 濃度, [CO₂]_{EXH} 는 EGR時 排氣管內의 二酸化炭素 濃度를 나타낸다. 燃料의 噴射時期도 實驗 파라미터中의 하나이지만, 本研究에서는 噴射時期를 BTDC 15.3° 로 固定해서 實驗을 하였다.

3. 實驗 結果 및 考察

3.1 燃料消費率

EGR時의 燃料消費率을 調査하기 위하여 機關 回轉速度 1400 rpm 및 1600 rpm에 있어서 機關 負荷를 파라미터로 해서 EGR率의 增加에 따라 燃料消費率의 變化를 나타낸 것이 Fig. 3이다. 同一 機關回轉速度와 機關負荷에서는 EGR率의 增加에 따른 燃料消費率의 增加 및 減少幅이 크지 않음을 알 수 있는데, 그 變動幅은 2 ~ 3% 以內로 環境汚染의 深刻性에 比하면 微微한 變動幅이다. 그러나 機關負荷 100%에서는 두 機關回轉速度 모두 EGR率 10%를 超過하면 燃料消費率이 약간 增加하고 있는 傾向을 보이고 있다.

小高⁽⁸⁾, Narusawa 등⁽⁹⁾은 直接噴射式 디젤機關을 使用한 研究에서 吸入酸素量이 18% 以上인 領域에서는 EGR率의 增加에 따라 燃料消費率이 약간 減少한다고 했고, Stumpp 등⁽¹⁰⁾은 디젤機關을 使用해서 機關回轉速度 1600 rpm, BMEP 1 MPa 일 境遇, EGR率 35%까지는 燃料消費率이 變化하지 않지만, 그 以上에서는 실린더內 吸入酸素量의 減少로 인해 燃料消費率이 增加한다고 했다. 其他 研究結果^(11,12)에서도 燃料消費率은 EGR率에 크게 影響을 받지 않는 것으로 나타났지만, Nagai 등⁽¹³⁾은 中速 디젤機關을 使用한 實驗 및 시뮬레이션의 計算에서 EGR率이 增加하면 燃料消費率도 增加한다고 했다.

著者^(2,3)은 8氣筒 間接噴射式 4行程 船用 디젤機關을 使用한 研究結果에서 同一 機關負荷 및 機關回轉速度에서는 EGR率의 增加에 따른 燃料消費率의 增加 및 減少 傾向이 不規則的이지만, 그 變動幅은 아주 작아 燃料消費率이 增加한 境遇에도 增加량이 3% 未滿임을 밝히고 있다.

本研究結果 및 以前 研究結果들을 綜合해 보면 EGR率 40% 程度까지는 燃燒에 必要한 酸素量이 不足하지 않기 때문에, 燃料消費率에는 別로 影響을 미치고 있지 않지만, EGR率이 40%를 超過할 境遇에는 吸入酸素量의 不足으로 燃料消費率이 增加하는 傾向을 나타낼 것으로 豫測된다.

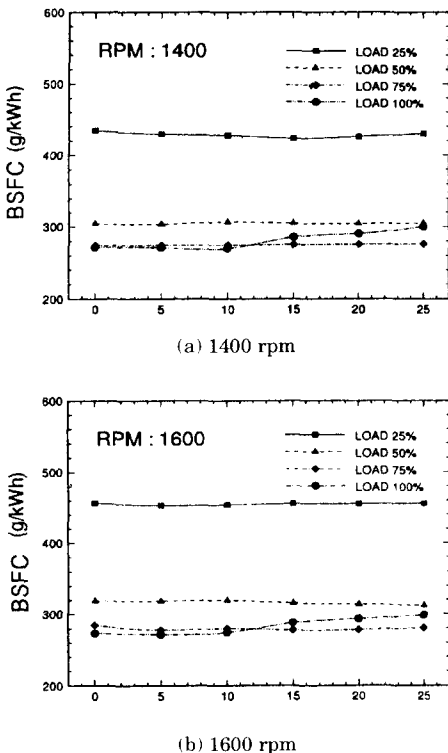


Fig. 3 Effects of EGR on brake specific fuel consumption with different engine loads

3.2 燃燒特性

EGR率의 變化가 機關의 燃燒特性에 미치는 影響을 調査하기 위하여 本研究의 實驗條件인 機關回轉速度 및 機關負荷에서 실린더內 燃燒壓力을 測定하였고, 測定燃燒壓力을 利用하여 熱發生率

을 計算하였다. Fig. 4는 機關回轉速度 1400 rpm인 境遇, 機關負荷 25% 및 100%에서 EGR率 增加에 따른 測定燃燒壓力의 變化 및 計算熱發生率을 比較한 것이다. 機關負荷 25%의 熱發生率은 豫混合燃燒 最高값이 EGR에 의해 減少되었는데, 그 傾向은 一定하지 않고, 本研究의 實驗條件 範圍

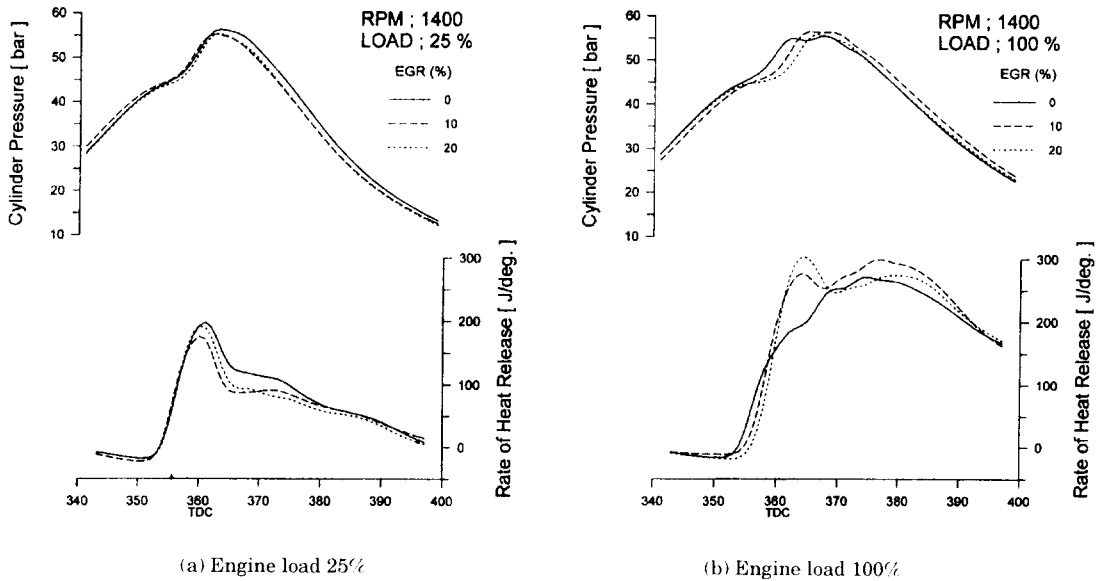


Fig. 4 Comparison of cylinder pressure and rate of heat release with EGR at engine speed 1400 rpm

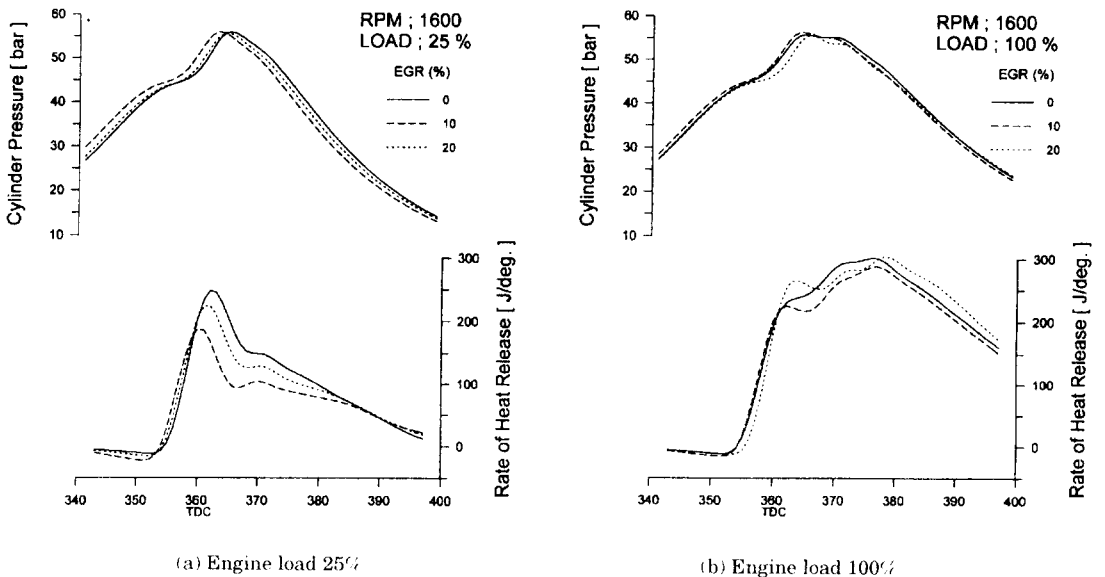


Fig. 5 Comparison of cylinder pressure and rate of heat release with EGR at engine speed 1600 rpm

에서는 EGR率 10%일 때 가장 많이 減少되었다. 擴散燃燒는 最高값이 나타나는 初期에 熱發生率이 低下하고 있지만, 燃燒가 相當히 進行된 上死點後 20° 以後부터는 EGR에 의한 差異가 거의 나타나고 있지 않다. EGR에 의한 着火遲延은 거의 變化하지 않고, 豫混合燃燒의 上昇時期도 EGR에 의해 약간 빨라지고 있음을 알 수 있다. 그러나 機關負荷 100%인 境遇의 熱發生率은 앞의 境遇와 相當히 다른 傾向을 보이고 있다. EGR에 의해 着火遲延이 약간 增加하는 傾向을 보이고, 豫混合燃燒 및 擴散燃燒의 最高값은 增加되고 있다.

Fig. 5는 機關回轉速度 1600 rpm에서 機關負荷 25% 및 100%인 境遇에 대해 EGR率의 增加에 따른 燃燒壓力 및 熱發生率의 燃燒特性을 나타내고 있다. 機關負荷 25%에서는 앞의 1400 rpm의 25%인 境遇와 거의 비슷한 傾向을 나타내고 있는데, 着火遲延의 減少傾向이 약간 늘어나고 있다. 機關負荷 100%인 境遇는 1400 rpm의 境遇와 다르게 EGR率 10%일 때, 豫混合燃燒 및 擴散燃燒의 最高값이 EGR하지 않을 때보다 減少하고, 着火遲延도 약간 減少하고 있다. 그러나 EGR率 20%일 때는 豫混合燃燒 및 擴散燃燒의 最高값이 EGR하지 않을 때보다 增加의 現象을 보이고, 着火遲延도 發生하고 있을 뿐만 아니라, 擴散燃燒후의 熱發生量이 EGR하지 않을 때보다 增加하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 4와 5의 負荷 25%에서는 EGR率의 增加에 따라 熱發生率이 相當히 減少되고 있는데, 특히 機關回轉速度 1600 rpm에서 顯著함을 알 수 있다. 이것은 EGR率이 增加함에 따라 燃燒가스溫度가 減少되기 때문인 것으로 推定된다.

鹽崎 등¹⁴⁾은 EGR에 의해 豫混合燃燒部分의 變化가 크고, 擴散燃燒部分의 變化가 작은 理由로서 豫混合燃燒의 境遇, 再循環된 燃燒가스가 燃燒速度에 影響을 미치는데 反하여, 擴散燃燒의 境遇, 再循環된 燃燒가스보다도 그 時點에서 發生된 燃燒가스의 絶對量이 훨씬 많기 때문에, 再循環 排氣가 燃燒에 미치는 影響의 比率이 작기 때문이라고 했다. 內出 등¹⁵⁾은 디젤機關에 EGR과 過給을 組合시킨 研究에서 EGR率의 增加에 따라 過給EGR의 境遇도 着火遲延이 增加하지만, 高EGR率에서는

다시 着火遲延이 短縮되어 燃燒가 좋아지고, 擴散燃燒는 EGR率 0%보다 增加의 傾向이 있다고 했다. Dürnholz 등¹⁶⁾의 研究에서는 吸氣溫度가 一定하지 않는 境遇, EGR率의 增加(EGR率 40%까지)에 따른 着火遲延은 거의 變化가 없지만, 吸氣溫度를 一定하게 하면, EGR率의 增加(EGR率 40%까지)에 따른 着火遲延이 增加한다고 했다. 佐藤 등¹⁷⁾은 單氣筒 4行程 直接噴射式 無過給 디젤機關을 使用한 實驗에서 EGR時의 着火遲延은 거의 變化하지 않고, 豫混合燃燒의 最高값이 減少하여 擴散燃燒의 期間이 길어지고 있는데, 그 理由로서 吸入 가스中の 酸素濃度 低下에 의해 燃料과 酸素가 마주칠 確率이 줄어들어 어느 時點 혹은 어느 燃燒室內의 한 點에서의 燃燒比率을 減少시켜 그 時刻에서의 熱發生率이 減少하고, 燃燒溫度의 上昇이 抑制되고 있기 때문이라고 했다.

本 研究結果는 鹽崎 등¹⁴⁾의 研究結果와 機關負荷가 25%인 境遇에는 類似하지만, 機關負荷가 100%인 境遇(鹽崎 등의 研究에서는 75%)에는 전혀 다른 樣相을 보이고 있다. 특히 着火遲延은 Dürnholz 등(吸氣溫度가 一定하지 않는 境遇)¹⁶⁾ 및 佐藤 등¹⁷⁾의 研究結果와 마찬가지로 거의 變化하고 있지 않다. 着火遲延 增加의 原因으로서는 吸氣中の 酸素濃度가 減少하기 때문이고, 低負荷時 着火遲延이 短縮되는 理由는 再循環 排氣에 의해 吸氣溫度가 上昇하여 着火時 壓縮空氣溫度가 上昇하기 때문으로 알려져 있다. EGR과 다른 方法과의 組合인 境遇에는 EGR 單獨의 影響을 알아 보기가 簡單하지 않을 것으로 豫想되는데, 本 研究에서도 물噴射에 의해 煤煙을 除去시키기 때문에, 純粹 EGR만의 影響이 나타났다고 判斷하기는 어렵다. 따라서 EGR만의 燃燒特性은 앞으로 補充의 研究가 必要하다고 생각된다.

3.3 窒素酸化物(NO_x) 排出物

Fig. 6은 EGR率의 變化에 따른 NO_x 排出物의 測定結果를 나타낸 것이다. NO_x 排出物은 EGR率의 增加에 따라 顯著하게 減少하는데, 機關負荷가 클수록 減少量이 增加되고 있다. (a)의 機關回轉速度 1400 rpm인 境遇는 高EGR率, 高負荷 領域으로 갈수록 NO_x 排出物이 減少하여 EGR率

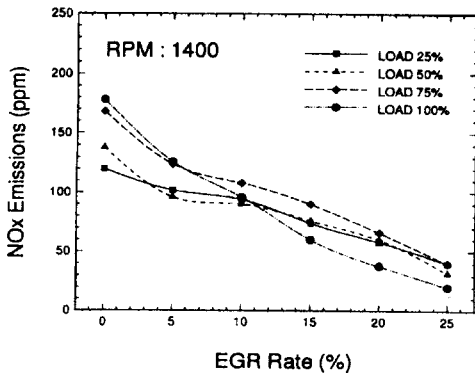
25%에서 機關負荷가 25%씩 增加할 때마다 EGR 하지 않을 때보다 67%, 75%, 76%, 89%의 低減率을 보이고 있다. (b)의 1600 rpm에서도 마찬가지로 EGR率, 機關負荷가 增加할수록 NOx 排出物의 減少量은 많아지고 있는데, EGR率 25%에서 機關負荷가 25%씩 增加할 때마다 EGR 0%인 境遇보다 61%, 71%, 77%, 93%의 低減率을 나타내고 있어, 高EGR率, 高負荷 領域으로 갈수록 NOx 排出物의 低減率이 增加되고 있음을 알 수 있다.

Daisho 등¹⁸⁾은 EGR에 의해 NOx 排出物이 顯著하게 減少하는 理由로서 不活性가스의 混入에 따라 混合氣 比熱이 上昇하여 燃燒最高溫度가 低下함과 酸素濃度の 低下에 의한 着火遲延의 增加 때문이라고 했고, 佐藤 등¹⁷⁾은 EGR에 의한 NOx 排出物의 低減이 吸氣中 酸素濃度の 減少에 따라

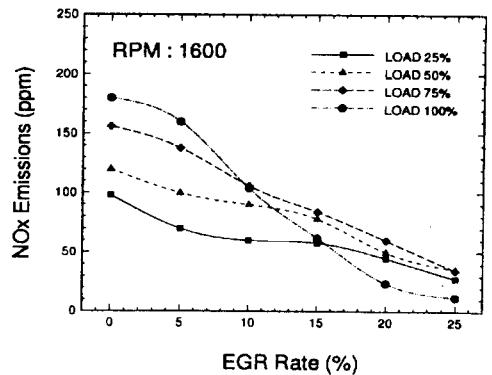
燃燒溫度上昇의 抑制 때문이라고 했다. 著者는 EGR이 NOx 排出物에 미치는 吸氣酸素濃度, 排氣酸素濃度 및 當量比의 影響을 詳細하게 分析하고 考察하여 吸氣酸素濃度 및 當量比가 NOx 排出物에 크게 影響을 미치고 있음을 밝혔다³⁾.

3.4 煤煙 排出物

Fig. 7은 EGR率의 變化에 따라 測定한 煤煙 排出物을 나타낸 것이다. EGR率이 增加함에 따라 高負荷 領域으로 갈수록 煤煙 排出物은 增加하며 增加率도 커지고 있다. (a)의 1400 rpm인 境遇, 低負荷에서는 煤煙 排出物의 變化가 거의 없지만, 中·高負荷쪽으로 갈수록 增加하는 傾向을 보이고 있다. 즉, EGR率 25%에서의 煤煙 排出物은 機關負荷 25%에서 排出되는 값을 基準으로 機關負

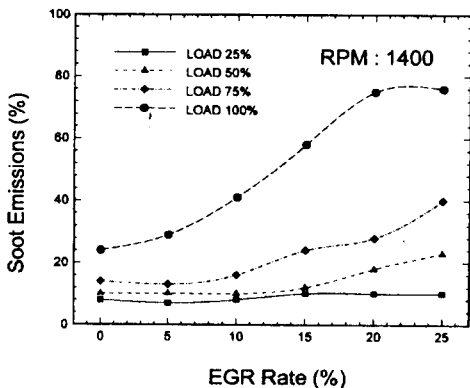


(a) 1400 rpm

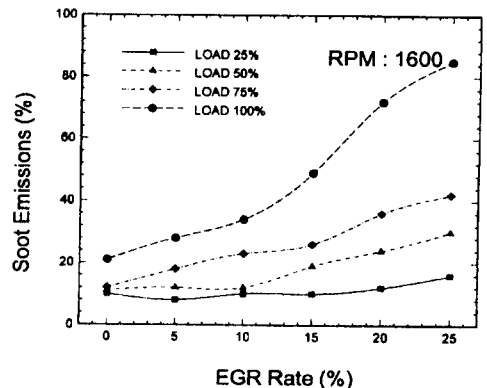


(b) 1600 rpm

Fig. 6 Effect of EGR on NOx emissions with different engine loads



(a) 1400 rpm



(b) 1600 rpm

Fig. 7 Effect of EGR on soot emissions with different engine loads

荷 50%에서는 약 1.8배, 75%에서 약 3.1배, 100%에서 약 5.8배의 값을 나타내고 있다. 한편, (b)의 1600rpm에서는 EGR率 25%일 境遇, 機關負荷 25%에서 排出되는 煤煙 排出物을 基準으로 機關負荷 50%에서 약 1.9배, 75%에서 약 2.6배, 100%에서 약 5.3배의 煤煙 排出物을 나타내고 있다. 특히 機關負荷가 100%일 境遇, EGR率의 增加에 따라 煤煙 排出物이 顯著하게 增加되고 있어 水噴射式 煤煙除去裝置를 使用할지라도 EGR率을 10%以上 높이는 것은 考慮해야 함을 本 研究結果에 의해 알 수 있다.

本 研究에 使用된 水噴射式 煤煙除去裝置의 性能에 대해서는 이미 著者들의 研究에 의해 報告된 바 있는데, 機關負荷에 따라 다르기는 하지만, 30~50%의 煤煙除去 效率이 있음을 밝혔다¹⁹⁾. 이러한 效率은 全體의 效率로서 吸入空氣量에 包含되는 量에 대한 煤煙除去 效率은 再循環되는 排氣量에 따라 다르리라 豫想된다. 그러나 本 研究結果는 煤煙除去裝置를 使用하지 않은 純粹 EGR時보다는 煤煙의 低減效果가 相當히 크게 나타나고 있으므로, 本 實驗結果는 煤煙低減效果가 큼을 알 수 있다. 結論의으로 이러한 排氣 排出物과 燃料消費率을 綜合的으로 檢討해 볼 때, 本 實驗機關은 熱效率이 相當히 나쁜 狀態이리라 豫想된다.

鹽崎 등¹⁴⁾은 EGR에 의한 吸氣酸素濃度의 減少가 燃燒遲延을 가져오고, 燃燒遲延은 燃燒期間이 增加되어 煤煙 排出物이 相當히 增加하게 된다고 했고, Machacon 등²⁰⁾은 EGR率의 增加에 따라 煤煙 排出物이 顯著하게 增加하지만, 低負荷에서는 噴射時期를 빠르게 하면 煤煙生成을 抑制시킬 수 있다고 했다. 著者는 디젤機關의 煤煙 排出物에 미치는 再循環 排氣의 影響에서 EGR率이 增加하면 吸氣酸素濃도가 낮아지고, 當量比도 增加하여 煤煙 排出物이 增加하게 됨을 밝혔다⁴⁾.

4. 結 論

水冷 4氣筒 間接噴射式 4行程 디젤機關에 있어서 機關回轉速度 1400 및 1600 rpm인 境遇, 機關負荷를 파라미터로 하여 EGR率의 變化에 따른 燃料消費率, 燃燒特性, NOx 및 煤煙 排出物에 미치

는 影響을 實驗的으로 調査하여 다음과 같은 主要한 結果를 얻었다.

1) EGR率의 增加에 따른 燃料消費率의 變動幅은 아주 작은데, 이것은 本 研究의 EGR率에 대한 實驗條件 範圍內에서는 燃燒에 必要한 酸素量이 不足하지 않기 때문인 것으로 推定된다.

2) 熱發生率은 機關負荷 25%일 境遇, EGR時豫混合燃燒의 最高값이 뚜렷이 나타나고 最高값은 減少되고 있다. 擴散燃燒의 最高값은 EGR에 의해 減少되고, 上死點後 20° 以後부터 熱發生率값은 비슷하다. 機關負荷 100%일 境遇는 着火遲延이 약간 增加하고, 豫混合燃燒 및 擴散燃燒의 特徵이 明白하지 않다.

3) NOx 排出物은 EGR率이 增加할수록 減少하는데, 그 減少率은 機關負荷가 增加할수록 크게 나타난다.

4) 煤煙 排出物은 EGR率이 增加할수록 增加하는데, 특히 機關負荷 100%에서 相當히 增加한다.

後 記

本 研究는 韓國學術振興財團 95年度 大學附設 研究所 學術研究助成費의 支援에 의해 遂行되었으므로 도움을 주신 財團 關係者 여러분께 感謝드리며, 實驗裝備를 提供해 주신 KIMM 動力시스템 研究部 朴泰仁博士와 研究結果의 考察에 도움을 주신 東京工業大學 內燃機關研究室 神本武征教授께도 感謝드립니다.

參考文獻

1. 小林伸治, "自動車用ディーゼルエンジンの排出ガス規制に對するアプローチ方法," 自動車技術, 第50卷, 第1號, pp. 71 ~ 77, 1996.
2. 林載根, 裴明煥, 金鐘一, "小型 高速 디젤機關의 排氣 排出物에 미치는 排氣 再循環率의 影響에 관한 實驗的 研究," 韓國船用機關學會誌, 第16卷, 第4號, pp. 252 ~ 269, 1992.
3. 裴明煥, 林載根, "디젤機關의 燃料消費率 및 窒素酸化物에 미치는 EGR의 影響에 관한 研究," 韓國自動車工學會論文集, 第3卷, 第1號, pp. 76 ~ 88, 1995.

4. 裴明煥, 林載根, "디젤기관의 煤煙 排出物에 미치는 再循環 排氣의 影響," 韓國自動車工學會 1997年度 春季學術大會論文集, 97380036, pp. 247 ~ 252, 1997.
5. 朴泰仁, 裴明煥, 河正鎬, "스크리버형 EGR시스템 디젤기관의 실린더·피스톤 磨耗에 미치는 再循環 排氣의 影響," 1996年度 韓國舶用機關學會 秋季學術講演會 抄錄集, pp. 149 ~ 155, 1996.
6. Gumbleton, J. J., Bolton, R. A., and Lang, H. W., "Optimizing Engine Parameters with Exhaust Gas Recirculation," SAE 740104, pp. 511~520, 1974.
7. Fujimoto, H., Senda, J., Shibata, I., and Matsui, K., "New Concept on Lower Exhaust Emission of Diesel Engine," SAE 952062, pp. 65~77, 1995.
8. 小高松男, "大型ディーゼル車のEGRによる實用運轉時NOx抑制力策とその效果," 内燃機關 28, pp. 17~23, 1989.
9. Narusawa, K., Odaka, M., Tsukamoto, Y., Koike, N., and Yoshida, K., "An EGR Control Method for Heavy Duty Diesel Engines under Transient Operations," SAE 900444, pp. 1~14, 1990.
10. Stumpp, G., and Banzhaf, W., "An Exhaust Gas Recirculation System for Diesel Engines," SAE 780222, pp. 1~12, 1978.
11. Walder, C. J., "Reduction of Emissions from Diesel Engines," SAE 730214, pp. 1~17, 1973.
12. Mayer, A., and Pauli, E., "Emissions Concept for Vehicle Diesel Engine Supercharged with COMPREEX," SAE 880008, pp. 77~89, 1988.
13. Nagai, T., and Kawakami, M., "Reduction of NOx Emission in Medium-Speed Diesel Engines," SAE 891917, pp. 1~15, 1989.
14. 鹽崎忠一, 鈴木孝幸, "直噴ディーゼルエンジンの EGRが性能および排ガスに える影響," 自動車技術會論文集, No. 46, pp. 18~23, 1990.
15. 内田 登, 외 3명, "ディーゼル機関におけるEGR過給の組み合わせによる排出特性の改善," 自動車技術會論文集, 제 24권, 제 4호, pp. 41~46, 1993.
16. Dürnholz, M., Eifler, G., and Endres, H., "Exhaust-Gas Recirculation - A Measure to Reduce Exhaust Emissions of Diesel Engines," SAE 920725, pp. 151~158, 1992.
17. 佐藤謙, 畑中洋一, 横田克彦, 張瓏, 高月俊昭, "直噴ディーゼルエンジンにおけるEGRとNOx,排氣煙の關係," 第13回内燃機關シンポジウム講演論文集, pp. 447~452, 1996.
18. Daisho, Y., Uchida, N., Morita, K., Shimogata, S., and Saito, T., "Effects of Supercharging and EGR on Diesel Combustion and Emissions," International Symposium COMODIA 94, pp. 281~286, 1994.
19. 朴泰仁, 金兌權, 裴明煥, 崔在星, "舶用 디젤기관의 排氣 排出物에 미치는 스크리버형 排氣 再循環器의 影響," 1994年度 韓國舶用機關學會 春季共同學術講演會 抄錄集, pp. 42~47, 1994.
20. Machacon, H. T. C., Shiga, S., Karasawa, T., and Nakamura, H., "The Effects of EGR on Diesel Particulate Emissions," International Symposium COMODIA 94, pp. 287~292, 1994.