

船用 디젤機關의 NO_x 및 煤煙 排出物에 미치는 스크러버型 EGR시스템 再循環 排氣의 影響에 관한 研究

裴 明 煥* · 河 正 鎬**

A Study on Effects of Recirculated Exhaust Gas upon NO_x and Soot Emissions of a Marine Diesel Engine with Scrubber EGR System

M. W. Bae · J. H. Ha

Key words : EGR(Exhaust Gas Recirculation : 排氣 再循環), Scrubber EGR System(스크러버型 EGR 시스템), Marine Diesel Engine(船用 디젤機關), NO_x & Soot Emissions(窒素酸化物 및 煤煙 排出物), Intake Oxygen Concentration(吸入酸素濃度), Exhaust Oxygen Concentration(排氣酸素濃度)

Abstract

The effects of recirculated exhaust gas on the characteristics of NO_x and soot emissions under a wide range of engine load have been experimentally investigated by a water-cooled, four-cylinder, indirect injection, four cycle and marine diesel engine operating at two kinds of engine speeds. The purpose of the present study is to develop the EGR control system for reducing NO_x and soot emissions simultaneously in diesel engines. The EGR system is used to reduce NO_x emissions, and a novel diesel soot removal apparatus with a cylinder-type scrubber for the experiment system which has 6 water injectors(A water injector is made up 144 nozzles with 1.0 mm in diameter) is specially designed and manufactured to reduce the soot contents in the recirculated exhaust gas to intake system of the engines. The intake oxygen concentration obtained by the intake air flow and the oxygen concentration in the recirculated exhaust gas, and the exhaust oxygen concentration measured in exhaust manifold are used to analyse and discuss the influences of EGR on NO_x and soot emissions. The experiments are performed at the fixed fuel injection timing of 15.3° BTDC regardless of experimental conditions. It is found that NO_x emissions decrease and soot emissions increase owing to the drop of intake oxygen concentration and exhaust oxygen concentration as EGR rate rises. Also, one can conclude that it is sufficient for the scrubber EGR system with a novel diesel soot removal apparatus to reduce NO_x emissions, but not to reduce soot emissions.

* 慶尙大學校 工科大學 輪送機械工學部, 生産技術研究所(원고접수일 : 2000년 2월)

** 慶尙大學校 大學院

1. 序 論

動力을 發生시키는 燃燒機關의 命題는 熱效率 向上과 有害 排出物의 低減이다. 여러 燃燒機關中, 디젤機關은 다른 熱機關에 比하여 熱效率이 높기 때문에, 에너지 資源의 利用面과 地球溫暖化 緩和의 次元에서 適合한 것으로 알려져, 船舶, 熱併合 發電 시스템 뿐만 아니라, 버스, 트럭, 機關車 등의 動力源으로도 널리 活用되어 왔다. 그러나 다른 燃燒機關에 比하여 디젤燃燒은 窒素酸化物(NO_x) 및 煤煙 排出物量이 많기 때문에, 機關性能을 低下시키지 않고 排氣 排出物을 低減시킬 수 있는 對策이 强하게 要求되고 있다.⁽¹⁾

그런데 NO_x 혹은 煤煙 排出物中, 하나의 規制값만을 滿足시키는 것은 可能하지만, 디젤機關 燃燒의 固有特性으로 因하여 低減條件을 서로 同時に 滿足시킬 수 없는 關係이기 때문에, 現在의 狀態에서는 機關自體의 改良만에 의해 同時に 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하여야 하는데, 未來의 디젤機關에는 電子制御 EGR, 電子制御 噴射, 觸媒 後處理 등과 過給機를 組合하는 시스템을 選好하리라 豫想된다.^(2,3)

EGR은 오래 前부터 가솔린機關에서 NO_x 排出物을 低減시키는 方法으로 選好되어 왔지만, 最近에는 小型 디젤機關에도 폭 넓게 使用되고 있고, 現在, 中·大型機關의 實用化를 위한 信賴性 및 耐久性을 確立하는 段階에 있다. 中·大型機關의 實用化가 늦은 理由는 燃費가 惡化되고, 煤煙 등의 排氣 排出物이 增加하기 때문이다.^(4,5)

國內에서는 著者 등이 디젤機關에 EGR시스템을 採用하여 再循環 排氣가 燃料消費率, 窒素酸化物 및 煤煙 排出物에 미치는 影響을 알아보기 위하여 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 보았다.^(6,7) 最近, 著者 등은 再循環되는 排氣에 물을 噴射시켜 煤煙을 除去시킨 後, 서지탱크에 보내 新氣와 混合시켜 燃燒室內로 보내는 새로운 스크러버형 EGR 시스템을 創案하였는데, 同方法은 NO_x 低減을 위한 EGR과 煤煙除去를 위한 스크러버형 물噴射 시스템을 同時に 並行하여 디젤機關의 負荷 및 回轉

速度를 파라미터로 해서 EGR率을 變化시켰을 境遇, 再循環 排氣가 機關內部的 磨耗, 燃料消費率, 熱發生率 및 排氣 排出物에 미치는 影響을 現象論의 으로 調査했다.^(8,9)

本 論文에서는 스크러버형 EGR 시스템이 吸入酸素濃度 및 排氣酸素濃도에 미치는 燃燒特性을 把握하고, EGR率에 따른 이들 因子의 變化가 NO_x 및 煤煙 排出物에 미치는 影響을 考察하였고, 最終적으로는 負荷의 變動에 따른 EGR 制御 시스템을 構築하여 開發하는 것이 本 研究의 目的이다.

2. 實驗 裝置 및 方法

2.1 實驗裝置

本 實驗에 使用된 機關은 國內에서 生産되는 船用으로 水冷, 4氣筒, 間接噴射式, 4行程 디젤機關인데, Fig. 1에는 實驗裝置 概略圖를, Table 1에는 試驗機關의 主要 諸元을 나타내고 있다.

機關의 出力은 直流型 電氣動力計를 使用하여 測定하였고, 첫 번째 실린더에 壓電式 壓力變換器를 設置하여 실린더內 燃燒壓力를 測定하였다. 燃料消費率은 流量計內 單位燃料가 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 測定은 오리피스에 의한 디지털式 空氣流量計를 利用했다. 또한 排氣 排出物의 測定은 排氣 分析器(Horiba Mexa-8020D)와 보쉬(Bosch)式 스모크 測定器를 利用하였다.

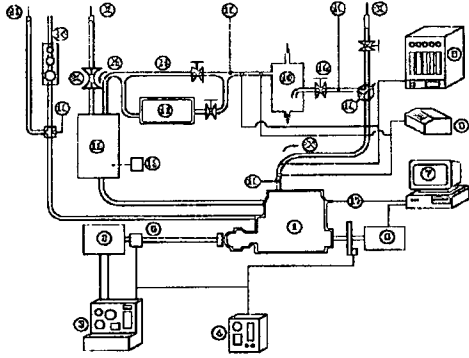
機關 吸氣側에는 서지탱크를 設置하여 脈動現象을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 新氣와 再循環 排氣가 잘 混合될 수 있도록 하였고, 디지털式 濕度

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)	95 × 115
Max. Power	29.4 kW/1800 rpm
Fuel Injection Timing	BTDC 15.3°
Compression Ratio	20 : 1

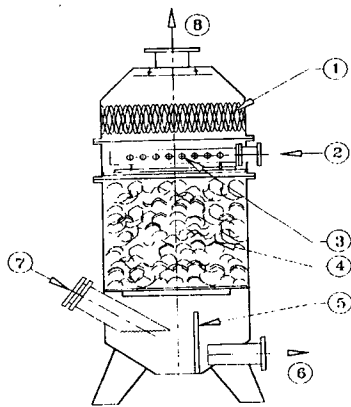
計를 設置하여 混合 吸入空氣(新氣+再循環 排氣)의 濕度를 計測하였다. 또한, 再循環 排氣를 適切

하게 供給시키고, 煤煙除去裝置로 因한 機關背壓을 最小化할 수 있도록 루트 式送風機를 스크러버의 出口쪽과 서지탱크의 入口사이에 連結하여 設置하였다.



- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| ① Diesel engine | ⑭ Fuel flow meter |
| ② DC Dynamometer | ⑮ ON/OFF switch |
| ③ Dynamometer controller | ⑯ EGR valve |
| ④ Tachometer | ⑰ Pressure transducer |
| ⑤ Torque meter | ⑱ Flow regulator |
| ⑥ Rotary encoder | ⑲ Thermometer |
| ⑦ Data aquisition system | ⑳ Air flow meter |
| ⑧ Smoke meter | ㉑ Fuel |
| ⑨ Exhaust gas analyzer | ㉒ Fresh air |
| ⑩ Scrubber | ㉓ Exhaust gas |
| ⑪ Blower | ㉔ Bypass |
| ⑫ Surge tank | ㉕ EGR gas |
| ⑬ Hydrometer | |

Fig. 1 Schematic of experimental apparatus



- | | |
|-------------------------|----------------|
| ① Demister | ⑤ Baffle plate |
| ② Water in | ⑥ Drain |
| ③ Water injection holes | ⑦ EGR gas in |
| ④ Ring | ⑧ EGR gas out |

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

2.2 물 噴射式 煤煙除去裝置 (scrubber) ⁽⁸⁾

再循環되는 排氣中 煤煙을 除去시킬 目的으로 設計하고 製作된 물 噴射式 煤煙除去裝置에 의하여 機關에서 排出된 排氣가 側面下端의 入口管으로 들어와 攪亂用的 링과 부딪치며 通過된 後, 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 슬레노이드 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을 通하여 送風機에 의해 서지 탱크內로 들어가 吸入된 新空氣와 混合된다. Fig. 2에는 물 噴射式 煤煙除去裝置의 概略圖를 보여주고 있다.

2.3 實驗方法

本 研究에서는 機關回轉速度, 負荷 및 EGR率의 파라미터中, 機關回轉速度 1400 및 1600 rpm의 境遇에 대하여 負荷 25%에서 100%까지 25% 間隔으로, EGR率 0에서 25%까지 5% 間隔으로 變化시키면서, 3個의 파라미터中 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에서 이루어졌을지라도 EGR率의 變動率은 ±2.5% 以下이고, 負荷의 變動率은 ±5% 以下이다. 高EGR率에 대한 影響을 調査해 보기 위하여 EGR率 30% 以上인 境遇에 대해서도 實驗을 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도 問題가 되어 本 研究에서는 EGR率 25%까지만 實驗을 遂行하였다.

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 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.

本 研究의 再循環 排氣에 對한 實驗時, EGR率은 吸氣管 및 排氣管에서 CO₂ 濃度를 測定하여 다음과 같은 式에 의해 計算하였다.⁽¹⁰⁾

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

여기서, [CO₂]_{EGR}은 EGR時 吸氣의 CO₂ 濃度, [CO₂]_{w/oEGR}은 EGR을 하지 않았을 境遇 吸氣內의 CO₂ 濃度, [CO₂]_{EXH}는 EGR時 排氣管內의 CO₂ 濃度를 나타낸다. EGR의 研究에 있어서 燃料噴射時期도 實驗條件의 하나가 되지만, 本 研究에서는 燃料噴射時期를 BTDC 15.3°로 固定해서 實驗을 하였다.

3. 實驗 結果 및 考察

3.1 吸入酸素濃度

EGR에 의해 NO_x 排出物이 減少하는 理由로서 熱容量 增加로 因해 燃燒가스溫度가 低下하기 때문이라는 說⁽¹¹⁾과 給氣中의 酸素濃度가 減少하기 때문이라는 說⁽¹²⁾이 있다.

Mitchell 등⁽²⁾은 가솔린기관에 있어서는 EGR率 增加에 따라 熱容量이 增加하여 燃燒가스溫度가 低下하지만, 디젤기관은 恒常 燃料稀薄 當量比에서 運轉되기 때문에, 가솔린기관보다는 熱容量의 效果가 적다고 했다. 따라서 디젤기관에 있어서 熱

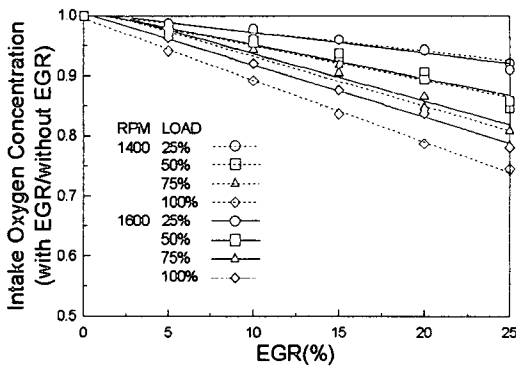


Fig. 3 Correlation between EGR rate and intake oxygen concentration(with EGR/without EGR) as parameters of engine speed and load

容量의 實質的인 效果를 얻기 위해서는 EGR率을 높여야 한다고 했다.

EGR率의 增加에 따른 吸入酸素濃度の 變化를 把握하기 위하여 가로軸에 EGR率을, 세로軸에 吸入酸素濃度の 減少率을 나타낸 것이 Fig. 3인데, 吸入酸素濃度は 機關回轉速度 및 負荷에 關係없이 EGR率이 增加할수록 거의 直線的으로 減少하고, 同EGR率인 境遇에는 機關回轉速度가 클수록, 또한 負荷가 적을수록 增加하고 있음을 알 수 있다. 이러한 實驗結果는 디젤기관에 EGR을 適用한 以前의 研究結果^(6,12,13)와 定性的으로 잘 一致하고 있다.

Fig. 4는 NO_x 排出物의 減少率에 미치는 吸入酸素濃度の 影響을 나타내고 있는데, 그림에서 吸入酸素濃도가 減少할수록 機關回轉速度나 負荷에 關係없이 NO_x 排出物의 減少率이 顯著하게 增加함을 알 수 있다. Fig. 3에서 吸入酸素濃度は EGR率이 增加할수록 直線的으로 減少하고 있기 때문에, 結局은 EGR率이 增加할수록 NO_x 排出物이 顯著하게 減少하고 있음을 意味한다. 以下 Fig. 5, Fig. 7, Fig. 8 및 Fig. 9의 記號는 Fig. 4와 같은 條件의 데이터를 나타낸다.

Khan 등⁽¹³⁾은 EGR率이 增加하면 吸入酸素濃도가 減少하고 燃料過濃領域이 增加하여 NO_x 生成領域의 燃燒溫度가 低下하기 때문에, NO_x 生成이 減少되어 排出物도 減少하게 된다고 했다. Mitchell 등⁽²⁾은 NO_x 排出物의 減少에 미치는 EGR의 影響을 考察하기 위하여 稀釋劑로서 N₂, CO₂를

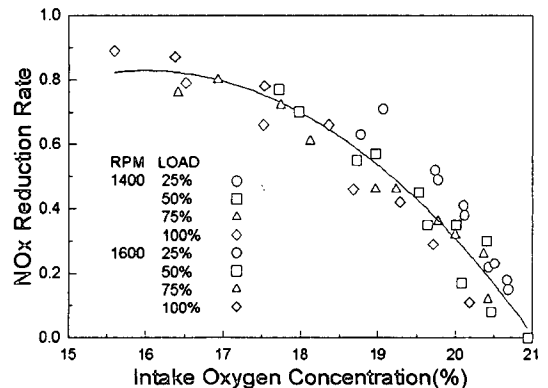


Fig. 4 Effect of intake oxygen concentration on NO_x emissions

각각 吸氣에 注入시킨 結果, 같은 吸入酸素濃度일 지라도 熱容量이 空氣와 비슷한 N_2 보다는 熱容量이 더 큰 CO_2 의 境遇가 NO_x 排出物의 減少가 더 크지만, 두 境遇의 데이터를 火炎溫度와의 關係로 整理할 수 있음을 밝히고 있다. 그러나 Wade⁽¹⁴⁾는 같은 吸入酸素濃도에 있어서는 同一한 NO_x 排出物의 減少가 나타나고 있음을 밝히고 있다.

著者들은 以前의 研究⁽⁶⁾에서 EGR率이 增加하면 吸入酸素濃도가 減少하고, 吸入酸素濃도의 減少는 着火遲延의 增加를 일으켜서, 結局 이 러한 着火遲延도 NO_x 排出物이 減少하는 理由의 하나임을 밝혔고, 다른 研究^(15,16)에서도 報告되고 있다.

EGR率의 增加에 따라 NO_x 排出物이 減少하는 理由는 EGR率의 增加에 따른 吸入酸素濃도의 減少만에 의한 것이 아니고, 再循環 排氣에 의한 熱容量 增加도 크게 寄與하리라 豫想된다. 結局, 이들의 變化는 火炎溫度, 着火遲延 등에 影響을 미치고 있는데, 着火遲延에 의한 NO_x 排出物의 減少影響을 火炎溫度의 파라미터로 整理할 수만 있다면, EGR率의 增加에 따른 NO_x 排出物의 減少를 火炎溫度에 의하여 單一關係로 整理할 수 있다고 생각된다.

Fig. 5는 NO_x 排出物과 相互 交換條件의 關係인 煤煙 排出物에 미치는 吸入酸素濃도의 影響을 알아보기 위하여 機關回轉速度와 負荷에 關係없이 全데이터를 整理해서 나타낸 것이다. 그림에서 吸入酸素濃도가 減少할수록 煤煙 排出物의 增加가 顯著함을 알 수 있는데, 여기서 吸入酸素濃도가 減

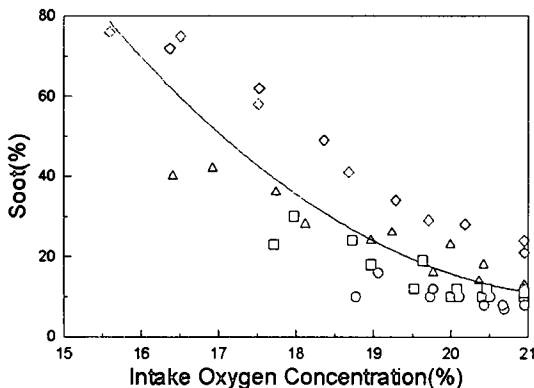


Fig. 5 Effect of intake oxygen concentration on soot emissions

少함은 EGR率의 增加를 意味하기 때문에, 스크리버에 의해 煤煙이 除去된다고 할지라도 再循環 排氣에 의한 煤煙 排出物이 相當하게 增加하고 있음을 알 수 있다. 이러한 定性的인 傾向은 EGR만에 의한 以前의 研究結果^(7,12)와도 잘 一致하고 있다.

本 研究에 使用된 水噴射式 煤煙除去裝置가 負荷에 따라 다르기는 하지만, 30~50%의 煤煙除去效率이 있음을 以前의 研究⁽¹⁷⁾에서 밝혔다. 그럼에도 不拘하고, EGR率의 增加에 따라 煤煙 排出物이 相當히 많음을 알 수 있는데, 이것은 디젤機關에 EGR만을 適用하기에는 極히 制限될 것임을 意味한다. 따라서 디젤機關에 EGR만을 適用하는 것은 現段階에서는 큰 效果를 얻을 수 없고, 특히 高 EGR率의 適用은 無理라고 생각된다.

Fig. 6은 本 研究에서 얻은 結果의 一部로서 EGR을 採用했을 境遇, 採用하지 않았을 境遇 및 水噴射式 煤煙除去에 의한 EGR을 採用했을 境遇에 대한 煤煙 排出物을 比較한 것인데, 水噴射式 煤煙除去裝置에 의하여 煤煙이 相當히 除去되었을지라도, EGR을 하지 않았을 境遇에 比하면 煤煙 排出物이 150~350% 程度 增加되고 있음을 알 수 있다.

EGR率의 增加에 따라 煤煙 排出物이 增加하는 理由로서, 吸入酸素濃도의 減少 때문에, 燃燒前 噴射된 燃料과 攪混合시키기 위하여 필요로 하는 酸素量의 減少를 들고 있는데, 減少된 酸素는 煤煙增

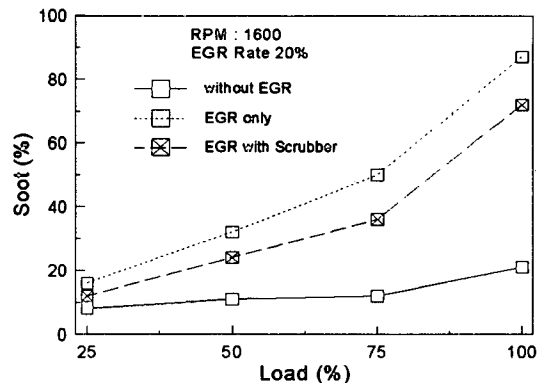


Fig. 6 Comparison of the removed soot emissions between EGR only, EGR with scrubber and no EGR in a given engine speed and EGR rate

加에 寄與한다고 했다. 또한, 吸入酸素濃度의 減少는 膨脹行程中 煤煙의 酸化에 必要한 酸素量을 減少시키기 때문에, 煤煙이 急激하게 增加되어 디젤 燃燒 시스템의 高負荷에서 運用될 수 있는 EGR量에 制限을 받게 된다고 했다.^(14,16)

煤煙特性은 着火遲延, 燃燒가스溫度, 熱發生率(豫混合 및 擴散 燃燒의 最高畧), 燃燒期間 등에 의해서도 支配를 받고 있는데, 本 研究에서는 Fig. 3과 같이 EGR率이 增加할수록 吸入酸素濃度가 낮아지고, 結果적으로 着火, 混合 등의 燃燒特性에 惡影響을 招來하게 된다. 着火遲延이 增加되면 豫混合 燃燒期間中 燃燒되는 燃料量이 增加될 것 같지만, 吸入酸素濃度의 減少 때문에 燃燒에 利用되는 酸素濃度의 減少로 因하여 豫混合相(premixed phase)에서 燃料의 燃燒速度가 減少된다. 또한, 燃燒가스溫度도 低下되고, 燃燒期間이 短縮되어 結局은 煤煙 排出物이 增加하게 될 것으로 豫想된다.^(8,16,19)

3.2 排氣酸素濃度

Fig. 7은 EGR率의 增加에 따른 排氣酸素濃度의 變化를 나타낸 것으로, 機關回轉速度 1400 및 1600 rpm 모두 負荷가 增加할수록 排氣酸素濃度は 減少하고, EGR率이 增加하면 負荷에 關係없이 排氣酸素濃度は 減少하는데, 負荷가 增加할수록 減少幅이 큼을 알 수 있다. 이러한 結果는 以前の

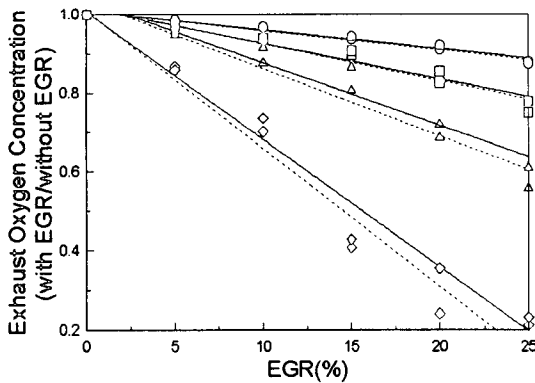


Fig. 7 Correlation between EGR rate and exhaust oxygen concentration(with EGR/without EGR) as parameters of engine speed and load

著者에 의한 EGR만의 實驗結果⁽⁶⁾와 거의 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

Fig. 8은 排氣酸素濃度에 따른 NOx 排出物의 減少率을 나타내고 있는데, 그림에서 排氣酸素濃度가 減少할수록 NOx 排出物의 減少率이 顯著하게 增加함을 알 수 있다. Fig. 7에서 排氣酸素濃度は EGR率이 增加할수록 減少하고 있기 때문에, 結局은 EGR率이 增加할수록 NOx 排出物이 顯著하게 減少하고 있음을 意味한다. 그러나 그림은 同排氣酸素濃度에서도 機關回轉速度나 負荷에 따라서 NOx 排出物의 減少率이 다르게 나타나고 있는데, 이러한 것은 NOx 排出物과 排氣酸素濃度의 單純한 關係로서만 說明하기는 無理이다. 著者는 EGR時와 非EGR時의 排氣酸素濃度比에 의한 NOx 排出物의 減少率을 檢討한 EGR만의 研究에서 排氣酸素濃度比에 의한 NOx 排出物의 減少率을 半로 그關係에 의하여 나타낼 수 있음을 報告했다.⁽⁶⁾ 그러나 純粹한 排氣酸素濃度比만에 의한 關係라기 보다는 吸入酸素濃度, 機關性能(機關回轉速度, 負荷) 등과의 相關關係에 의한 結果라고 생각되지만, 實際 應用에 있어서는 排氣管의 排出酸素濃度を 測定하여 EGR率을 制御하는 方法을 檢討할 수 있음을 暗示하고 있는 재미있는 結果이다.

Fig. 9는 排氣酸素濃度에 따른 煤煙 排出物의 特性을 나타낸 것인데, 排氣酸素濃度가 增加함에 따라 煤煙 排出物이 減少되고 있는데, 특히 6% 以下에서 排氣酸素濃度의 增加에 따른 減少幅이 큼을 알 수 있다.

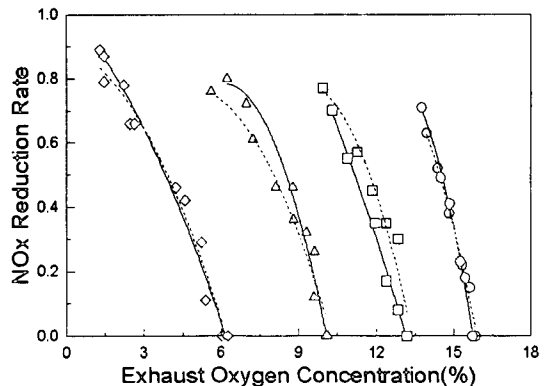


Fig. 8 Effect of exhaust oxygen concentration on NOx emissions

煤煙은 主로 擴散燃燒期間에 生成되기 때문에, 壓縮行程中 溫度가 增加하면 着火遲延이 짧아져 擴散燃燒期間이 延長되는데, 排氣酸素濃度의 增加에 따라 煤煙 排出物이 減少하는 理由는 이러한 延長된 擴散燃燒期間에 殘留가스中의 酸素濃度가 煤煙의 再燃燒에 重要하게 寄與하기 때문인 것으로 알려져 있다.

디젤機關 燃燒에 있어서 NO_x와 煤煙 排出物은 生成의 段階에서부터 交換條件의 關係이기 때문에, 同時에 規制값을 滿足시키는 것은 簡單하지 않

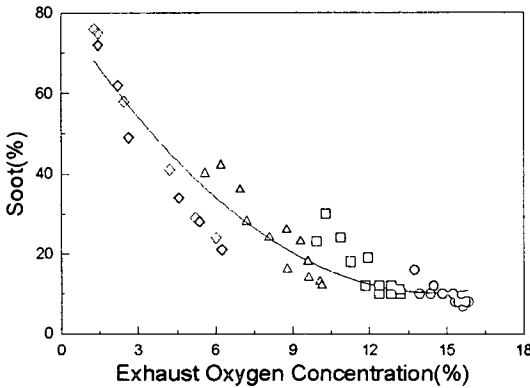


Fig. 9 Effect of exhaust oxygen concentration on soot emissions

다. 그러나 同時에 規制값을 滿足시키는 低減對策 등을 講究하여야 하기 때문에, 本 研究에서는 調査된 모든 條件의 NO_x 및 煤煙 排出物의 데이터를 Fig. 10과 같이 提示하여 보았다. 本 實驗의 NO_x 및 煤煙 排出物은 總量이 아닌 濃度로서 測定되었기 때문에, 그림과 같이 나타내기 위해서는 計測된 濃度값을 總量값으로 換算하여야 한다. NO_x 排出量은 MAN B&W에서 適用하고 있는 NO_x 換算式⁽²⁰⁾, 煤煙 排出量은 Bosch數와 排氣中 煤煙 排出量과의 關係^(21,22)를 活用하여 換算하였다. 그림에서 韓國의 規制값은 大型 디젤機關에 適用되는 數値를 나타내고 있다. 1996年度 規制값에는 한 條件을 除外하고는 全部 滿足시키고 있지만, 2000年度 規制값에 대해서는 全條件中 40% 程度만을 滿足시키고 나머지는 煤煙 排出物을 滿足시키지 못하고 있음을 알 수 있다. 이것은 EGR의 方法이 NO_x의 低減對策에는 有效하지만, 煤煙의 低減對策에는 問題가 있음을 示唆하고, 本 研究와 같은 물噴射式 煤煙除去裝置를 使用하여도 實驗條件의 折半도 滿足시키지 못하고 있기 때문에, 새로운 方法을 講究하여야 함을 示唆하고 있다. 그러나 이러한 값들은 데이터 換算 등에 대한 問題가 있을 수 있기 때문에, 앞으로 보다 正確한 排氣量값을 求하는

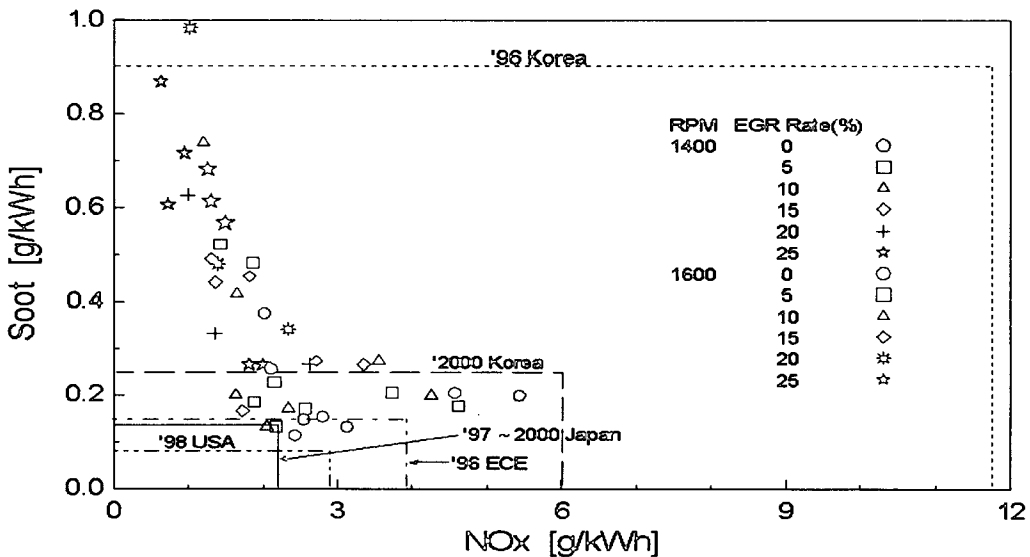


Fig. 10 Schematic illustration for correlation between NO_x and soot emissions using scrubber EGR system

方法 등도 同時에 講究하여 NOx 및煤煙 排出物의 規制값에 대한 關係를 나타낼 必要가 있다.

4. 結 論

水冷, 4氣筒, 間接噴射式, 4行程의 스크러버형 EGR시스템 船用 디젤機關에 있어서 機關回轉速度 1400 및 1600 rpm에서 負荷 및 EGR率을 과라 미터로 하여 再循環 排氣가 NOx 및煤煙 排出物에 미치는 影響을 實驗의으로 調査하고, 吸入酸素濃度 및 排氣酸素濃度와의 關係를 考察하여 다음과 같은 主要한 結果를 얻었다.

1) 吸入酸素濃度は EGR率이 增加할수록 減少하고, 負荷가 작을수록 減少幅은 작아진다.

2) NOx 排出物은 吸入酸素濃도가 減少할수록 顯著하게 減少하지만, 煤煙 排出物은 增加한다.

3) 排氣酸素濃度は EGR率이 增加할수록 減少하고, 負荷가 클수록 增加幅은 커진다.

4) NOx 排出物은 負荷에 따라 領域은 다르지만, 排氣酸素濃度の 減少에 의해 顯著하게 減少하고, 煤煙 排出物은 增加한다.

5) 물噴射式 煤煙除去裝置 附着 EGR시스템은 NOx 低減에는 有效하지만, 煤煙 低減에는 充分하지 않다.

後 記

本 研究에 대한 支援金中 一部는 慶尙大學校 生産技術研究所가 主管하는 産·學·研 컨소시엄課題와 2000年度 頭腦韓國21事業에 의해 支援되었으므로 도움을 주신 中小企業廳, (株)三田 및 教育部 關係者 여러분께 感謝드리며, 遂行中 많은 資料를 提供해 주시고, 激勵해 주신 東海大學 神本教授 (東京工大 名譽教授)와 明治大 土屋教授에게 感謝드립니다.

參考文獻

1. Fukuda, M., Yamane, K., Neichi, T., and Ikegami, M., "Reduction of Nitrogen Oxides of Diesel Engines by Exhaust-Gas-Selective

Recirculation", The Fourth International Symposium COMODIA 98, pp. 93~98, 1998.

2. Mitchell, D. L., Pinson, J. A., and Litzinger, T. A., "The Effects of Simulated EGR via Intake Air Dilution on Combustion in an Optically Accessible DI Diesel Engine", SAE 932798, pp. 1~19, 1993.

3. Pierpont, D. A., Montgomery, D. T., and Reitz, R. D., "Reducing Particulate and NOx Using Multiple Injections and EGR in a D.I. Diesel", SAE 950217, pp. 1~13, 1995.

4. 監崎忠一, 土橋敬市, "ディーゼルエンジンのEGR技術について", 自動車技術, Vol. 51, No. 9, pp. 75~80, 1997.

5. 横田治之, 中島大, 掛川俊明, "低公害ディーゼルエンジンの燃焼コンセプト(續報:EGR, 含酸素燃料による燃焼改善)", 自動車技術, Vol. 52, No. 5, pp. 70~75, 1998.

6. 喪明煥, 林哉根, "디젤기관의 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.

7. 喪明煥, 林哉根, "디젤기관 煤煙 排出物에 미치는 再循環 排氣의 影響에 관한 研究", 韓國自動車工學會論文集, 第6卷, 第6號, pp. 142~154, 1998.

8. 喪明煥, 河正鎬, "스크러버형 EGR시스템 디젤기관의 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.

9. 喪明煥, 河正鎬, "EGR시스템 디젤기관의 실린더 및 피스톤 磨耗에 미치는 再循環 排氣의 影響에 관한 研究", 韓國船用機關學會誌, 第22卷, 第6號, pp. 827~835, 1998.

10. Fujimoto, H., Senda, J., Shibata, I., and Matsui, K., "New Concept on Lower Exhaust Emission of Diesel Engine", SAE 952062, pp. 65~77, 1995.

11. 池上 詢, "ディーゼルエンジン燃焼の課題", 燃焼の科學と技術, Vol. 3, pp. 151~157, 1996.

12. Tsunemoto, H., and Ishitani, H., "The Role of Oxygen in Intake and Exhaust on NO Emission, Smoke and BMEP of a Diesel Engine with EGR System", SAE 800030, pp. 132~140, 1980.

13. Khan, I. M., Greeves, G., and Wang, C. H. T., "Factors Affecting Smoke and Gaseous Emissions from Direct Injection Engines and a Method of Calculation", SAE 730169, pp. 687~709, 1973.

14. Wade, W. R., "Light-Duty Diesel NOx-HC-

Particulate Trade-off Studies", SAE 800335, pp. 1379~1398, 1980.

15. Daisho, Y., Uchida, N., Morita, K., Saito, T., and Shimogata, S., "Effects of Supercharging and EGR on Diesel Combustion and Emissions", International Symposium COMODIA 94, pp. 281~286, 1994.

16. Ladommatos, N., Abdelhalim, S. M., Zhao, H., and Hu, Z., "Effects of EGR on Heat Release in Diesel Combustion", SAE 980184, pp. 77~95, 1998.

17. 朴泰仁, 金兌權, 裊明煥, 崔在星, "船用 디젤 機關의 排氣 排出物에 미치는 스크러버型 排氣 再循環器의 影響", 1994年度 韓國船用機關學會 春季共同學術 講演會 抄錄集, pp. 42~47, 1994.

18. Plee, S. L., Ahmad, T., and Myers, J. P., "Flame Temperature Correlation for the Effects of Exhaust Gas Recirculation on Diesel Particulate and NOx Emissions", SAE 811195, pp. 75~91, 1981.

19. Kamimoto, T, Bae, M. W., and Kobayashi, H., "A Study on Formation in Premixed Constant-Volume Propane Combustion", Combustion and Flame 75, pp. 221~228, 1989.

20. "How to deal with Emission Control", MAN B&W Diesel A/S.

21. Robert Bosch GmbH, "Zusammenhang Zwischen Russgehalt Anzeigewert und Bosch ETD 020.00 /ETD 020.50", Bosch Panphlet.

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



裊明煥 (裊明煥)

1954年 10月 24日生. 1977年 韓國海洋 大學校 機關工學科 卒業. 1989年 東京 工業大學 大學院 機械工學專攻 博士課程 修了(工學博士). 現在 蔚尙大學校 工科 大學 哈遜機械工學部 教授



河正胤 (河正胤)

1971年 10月 19日生. 1995年 晉州產業 大學校 機械設計學科 卒業. 2000年 蔚尙大學校 大學院 機械工學科 博士課程 修了. 現在 晉州產業大學校·晉州教育大學 校 時間節師