

연료성상에 따른 디젤엔진의 질소산화물 및 스모크 배출특성에 관한 연구

남정길* · 이돈출 · 한원희** · 박정대 · 강대선***

A Study on the Characteristics of NOx and Smoke for Diesel Engine by Fuel

Jeong-Gil Nam+, Don-Chool Lee · Won-Hui Han++ and Jeong-Dae Park · Dae-Sun Kang+++

Abstract : The main objective of this research is to develop a system which will provide a more efficient fuel saving measure for the current marine products industry situation caused by the increased cost of oil. For that function, the developed system has been verified using the medium of blending oil known as the MF 30 class.

As a result, MF 30 was confirmed meeting the International Standard for NOx emissions and content of Sulfur. Oil composition and soot level analysis showed that it is acceptable to use MF 30 class in condition of proper engine running operation and pre-refinery treatment.

Key words : Blending oil(혼합유), MF30 class(경유 63%, MF180 37%), NOx emissions(질소산화물 에미션), Sulfur(황), Pre-refinery treatment(선 정제처리)

1. 서론

최근 국제 유가의 상승으로 우리나라 어업전진기지인 라스팔마스를 중심으로 조업하는 원양트롤 어선 및 상대적으로 연료소비량이 많은 우리나라 근해 어선들은 연료비 부담으로 채산성이 악화되어 전반적으로 기업을 어려운 상황에 처하게 되었다. 국외에서는 연료에 조연제를 넣어서 NOx 와 PM 저감효과에 대한 이론적인 연구가 보고된 바 있으나^{[1][2]}, 이러한 어려운 상황에 직면하여 본 연구에서는 현재 어선에 사용중인 값비싼 경유(M.G.O) 대신에 좀더 값이 저렴하고 조악한 혼합유인 MF30급(경유 63%, MF180 37%)의 사용 가능성을 시험을 통하여 확인하고자 하였으며^{[3]-[5]}, 1, 2차에 걸쳐서 다음과 같은 시험을 하였다. 1차로는 국내에서 어업지도선을 대상으로 12가지의 MF30급 혼합유 및 경유를 시료로 사용하여 배출되는 질소산화물(NOx) 및 스모크(Smoke)의 농도를 비교·분석하였다. 또한, 각각의 시료 13가지에 함유되어 있는 수분과 황(S) 성분의 함량을 분석하였으며, 비중, 동점도, 유동점, 인화점 등의 유성상도 확인하였다. 2차 시험은 1차의 시험결과를 토대로 라스팔마스 어업전진기지에서 활동하고 있는 참치잡이 어선에 2가지의 정제시스템(Purifier, M.C.H)을 탑재하여, MF30을 3가지 방법으로 정제하면서 엔진부하 및 시료 온도별 NOx와 Smoke 발생량을 측정하였다.

2. 실험방법

1차적으로 어업지도선을 대상으로 표 1에 나타낸 바와 같이 시험용 시료 MF30을 3가지의 정제시스템(Purifier, Mixing clean heater(M.C.H), Tandem(Purifier + M.C.H))으로 각각을 정제한 후 조연제 A, B, C를 각각 섞어서 12가지의 시료를 생성하였으며, 거기에다가 원래 사용중이던 경유(M.G.O)까지 포함해서 총 13가지의 시료를 사용하였다. 13가지의 시료가 채워진 Drum을 어업지도선의 Deck 위에 올려 놓고 각각을 엔진에 공급하면서 25% 및 75% 부하 상태에서 NOx와 Smoke 발생량을 측정하였다. 2차 시험으로는 Purifier와 M.C.H를 어선에 장착하여 MF30을 3가지 방법으로 정제하면서 엔진부하

및 시료 온도별로 NOx 와 Smoke 발생량을 측정하였다.

Table 1 NOx measuring data

	Test samples	25% Load(ppm)	75% Load(ppm)
1	경유(MGO)	1133	955
2	M. C. H.	971	934
3	" + 조연제(A)	984	911
4	" + 조연제(B)	960	911
5	" + 조연제(C)	933	920
6	Purifying	974	915
7	" + 조연제(A)	933	911
8	" + 조연제(B)	934	908
9	" + 조연제(C)	908	899
10	Tandem	926	887
11	" + 조연제(A)	925	899
12	" + 조연제(B)	925	882
13	" + 조연제(C)	914	898

3. 실험결과 및 고찰

3.1 어업지도선의 NOx 와 Smoke 발생량

시험결과 NOx 발생량은 그림 1과 같이, 혼합유 사용시에 비해서 경유 사용시에 가장 많이 발생함을 알 수 있다. 또한, Smoke 발생량은 NOx 측정시와 동일조건에서 Smoke number(FSN), Soot concentration(mg/m³) 및 Pollution level(%) 등 3 가지로 측정되었다. 그림 2와 3은 각각 25% 와 75% 엔진부하에서의 Smoke 측정값을 나타내고 있다. 특히 25% 부하에는 경유 대비 혼합유 사용시의 Smoke 발생량이 약 2.5배 정도 많이 발생함을 정량적으로 알 수 있으며, 조연제 효과는 거의 없음을 알 수 있다. 또한, 75% 엔진부하에서는 경유 대비 혼합유 사용시 Smoke 발생량이 약 10% 정도 상승했으나, 조연제 효과는 거의 없음을 알 수 있다.

* 남정길(목포해양대학교 기관시스템공학부), E-mail: jgnam@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7098

** 이돈출, 한원희(목포해양대학교 기관시스템공학부)

*** 박정대, 강대선(한국선박검사기술협회 기술연구팀, 특수연구팀)

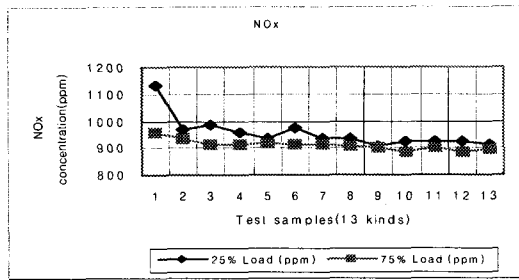


Fig. 1 NOx(ppm) measuring data at 25% and 75% loads

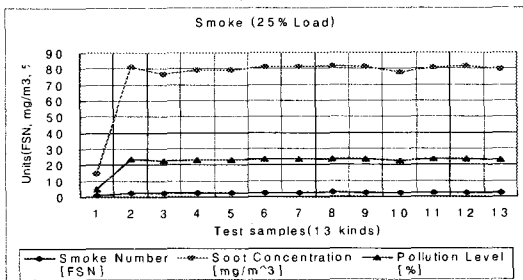


Fig. 2 Smoke measuring data at 25% load

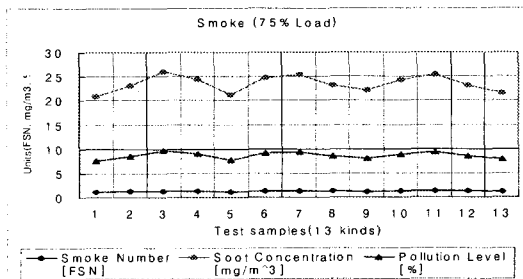


Fig. 3 Smoke measuring data at 75% load

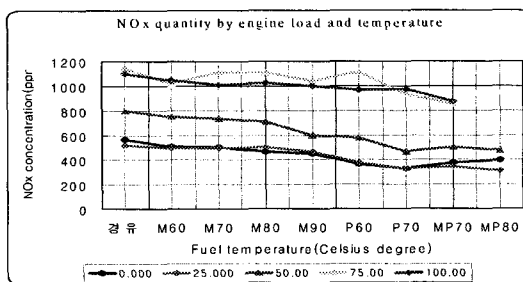


Fig. 4 NOx quantity by engine load and three systems

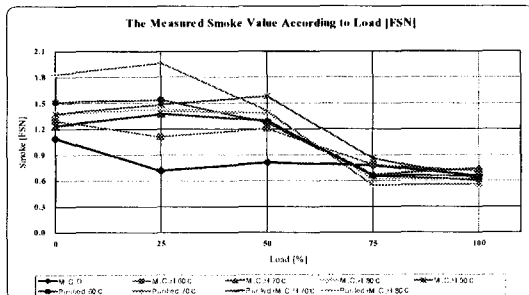


Fig. 5 Smoke value by engine load and each systems

3.2 정제시스템이 장착된 어선에서의 시험한 결과

본 어선의 엔진은 300 rpm의 정속 엔진으로써 Pitch 비를 조절하여 부하를 변동시킬 수 있었으며, 고부하로 갈수록 NOx 농도가 점점 더 커짐을 알 수 있다. 그림 4는 엔진부하 및 온도 변화에 따른 NOx 발생량을 나타내고 있으며, 경유를 사용했을때 전부하(0, 25, 50, 75, 100%) 구간에서 NOx 농도가 가장 큼을 알 수 있다. 또한, 혼합유의 NOx 농도는 3가지 전처리 기술 사용시에 거의 유사한 수준을 나타내고 있다.

그림 5는 엔진부하별 경유 및 각각을 전처리한 정제유에 따른 Smoke 발생량을 나타내고 있다. Smoke 발생량은 불완전 연소 상태에서 많아지기 때문에 저부하(0, 25, 50%) 로 갈수록 많이 발생하고 있으며, 고부하 (75%, 100%)로 갈수록 완전연소에 가까워지기 때문에 작아짐을 알 수 있다.

4. 결 론

첫째, 각 시스템에서 정제된 MF30급 혼합유를 연소 시험하여 배기가스를 분석한 결과, 질소산화물(NOx)의 발생량은 IMO에서 규제하는 국제기준치를 만족하는 것으로 확인되었다.

둘째, 연료에 함유되어 있는 황(Sulfur)의 함량을 규제하는 IMO 규제에 따라, MF30 혼합유의 황 함유량 측정된 결과 1.26~1.56%로 국제기준치인 4.5%를 만족함을 확인할 수 있었다.

셋째, MF30급 혼합유의 검댕(Smoke) 발생량은 중·고 부하에서는 경유 사용시에 비해서 약 10% 정도 더 많았으나, 저부하인 50% 미만의 부하에서는 경유 사용시보다 약 2.5배에 달하였다. 따라서, 이러한 Smoke에 의한 카본 퇴적으로 연소실, 노즐, 배기밸브 및 터보차저 등의 오염이 염려되므로 경유 사용시보다 정비주기를 짧게 해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] L. Rubino and J. Murray, "The Effects of Oxygenated Fuel Additives on Soot Precursor Formation", SAE 1999-01-3589, 1999.
- [2] N. Miyamoto, H. Ogawa, Md. N. Nabi, K. Obata and T. Arima, "Smokeless, Low NOx, High Thermal Efficiency, and Low Noise Diesel Combustion with Oxygenated Agents as Main Fuel", SAE 980506, 1998
- [3] CIMAC, Recommendations regarding fuel quality for diesel engines, The International Council on Combustion Engines HFO Working Group.
- [4] ISO Standard, "Performance and tests", ISO 3046-1, -3, -4, -7.
- [5] 전효중이돈출, 선박용디젤 엔진 및 가스터빈, 2005, 동명사.