

저급 혼합연료유 연소시험 결과

The Test Result of the Blended Oil Combustion in the Engine having used Marine Gas Oil

이기동†*, 강대선**

Lee Ki-Dong†*, Kang Dae-Sun**

ABSTRACT

The test result is a part of a study on the reduction of fuel expense. the test was conducted in the ship of east sea fisheries supervision office which is modified from 139 ton trawler to 183 ton petrol ship. The result of NOx emission and Smoke Value for main engine and generator engine are measure and included in this paper. The information on pre-treatment systems and measuring equipment also includes.

※ **Keywords** : blended oil(혼합유), 연료비 절감(the reduction of the fuel expenses), 어선 (fishing vessel)

1. 서 론

국제유가는 2004년 배럴당 33.7\$(두바이유가) 이던 것이 2006년에는 61.55\$로 약 83%로 급상승하였고 2007년 5월 평균 64.65\$로 다소 안정세를 보이고 있으나, 국제상황에 따라 언제 다시 급상승하게 될지 미지수이다.

석유 소비국이자 생산국인 미국과 영국 등에 비해서 전적으로 석유 수입에 의존하고 있는 우리나라의 경우는 그 타격이 매우 극심하다. 최근의 유가 상승은 미국, 중국, 인도 등 세계 경제를 주도하고 있는 국가들의 수요 증가와 더불어 산유국의 잉여 생산능력 부족에 따른 구조적인 수급 요인이 지배적인 상황이다.

* 선박안전기술공단 기술연구팀

** 선박안전기술공단 서울지부

† 논문 주저자

Table 1 주요어업별 연료비 비중 및 Table 2 어업주요 비용 지출상황에서 알 수 있듯이 어업이익은 감소하는 반면 유가상승에 따른 연료비의 비중은 점점더 커지고 있는 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 현재 어선에 사용 중인 값비싼 경유(M.G.O) 대신에 좀더 값이 저렴하고 조악한 혼합유 사용 가능 한계치를 확인하고자 하였다.

2005년도 해양수산부 민간자율화 추진사업을 통하여 MF 30급의 연료유의 사용가능성에 대하여 확인하여 대서양 트롤어선 1척당 약 2억 7천만 원(당시환율)의 연료비 절감효과를 얻은바 있으며, 이 연구의 후속연구로 MF 30급의 혼합유보다 더욱더 조악한 연료유의 사용가능성과 고속기관에 적용 가능한 혼합연료유를 검증하고 저급혼합유 사용에 따른 문제점을 개선하기 위하여 본 연구가 진행되었다. 연구의 효율성을 높이기 위해서 먼저 국내에서 어업지도선(139톤급 원양트롤어선을 개조)을 대상으로 시험을 하였다. 시험용 혼합유의 시료는 MDO, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100, MF 150, MF 180급의 혼합유 및 5가지의 정제시스템(①Purifier, ②Mixing clean heater(M.C.H), ③Ceramic 불 정제장치, ④Purifying와 M.C.H를 조합한 Tandem 및 ⑤

Purifying와 Ceramic 불 정제장치H를 조합한 Tandem)으로 각각을 정제한 시료에 원래 사용 중이던 경유(M.G.O)까지 포함해서 배기가스로 배출되는 질소산화물(NOx) 및 스모크(Smoke)의 농도를 비교·분석하였다. 또한, 각각의 시료 13 가지에 함유되어 있는 수분과 황(S) 성분의 함량을 분석하였으며, 비중, 동점도, 유동점, 인화점 등의 유성상도 확인하였다.

Table 1 주요어업별 연료비 비중

구 분	연료비 비중(%)	경상이익 (백만원)
원양어업	'03	23
	'05. 7	△225
근해어업	'03	52
	'05.7	15
연안어업	'03	7
	'05.7	6
양식어업	'03	14
	'05.7	13

Table 2 어업 주요비용 지출상황

구 분	2004	2005	증가율 (%)
어업비용	483,769	538,525	11.3
○ 출어비	230,576	262,108	13.7
- 어구비	29,264	32,404	10.7
- 수리비	31,356	31,267	-0.3
- 연료비	89,873	115,195	28.2
- 기타	80,083	83,242	3.9
○ 임금 및 일반관리비	253,193	263,239	4.0
○ 감가상각비	12,155	13,117	7.9

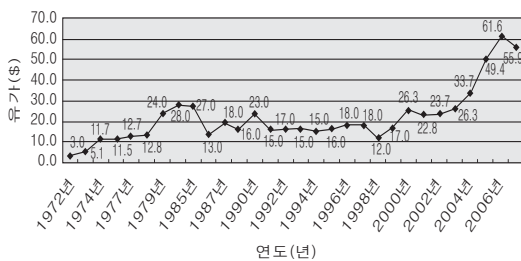


Fig. 1 유가변동추이

수협중앙회 수산경제연구원 보고서

2. 시험장치 및 시험방법

2.1 시험선



Fig. 2 동해어업지도선 무궁화 24호

실험대상 선박으로 139톤급 트롤어선을 개조한 동해어업지도사무소 소속 180톤급 무궁화 24호에서 실시되었다. 무궁화 24호의 주기관 및 보조기관은 아래 Table 3 및 Table 4와 같다.

Table 3 무궁화 24호 주기관

주기관	제조사	쌍 용
	모델	6L23/30-K(6기통)
	출력	1,100 BHP
	Bore × Stroke(mm)	225 × 300
	MCR	825 rpm
	Idling	450 rpm

Table 4 무궁화 24호 보조기관

보조기관	제조사	Daewoo
	모델	D2366T/6기통
	출력	227 BHP
	Bore × Stroke(mm)	123 × 155
	MCR	2070 rpm
	Idling	450 rpm

2.2 계측 장비

선박의 운항시 발생하는 NO_x의 양을 계측하기 위하여 휴대용 측정장비인 EXSA-240CL을 사용하여 NO_x를 계측하였고 실물 사진과 사양은 Fig. 3 및 Table 5와 같다. 또한, 스모크 발생량의 계측을 위하여 AVL Smoke Meter를 이용하였으며, 실물사진은 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.



Fig. 3 NOx analyzer(EXSA-240CL)



Fig. 4 Smoke analyzer(AVL Smoke Meter)



Fig. 5 Smoke analyzer(AVL Smoke Meter)

Table 5 portable NOx Analyzer 사양

항 목	사 양	비 고
1 작동 원리	NOx : Hot CLD O2 : Galvanic cell	
2 측정 범위	NOx : 0~2,500 ppm O2 : 0~25 %	
3 작동 온도	5 ~ 45 ℃	
4 응답 시간	T90, 30초	
5 허용 오차 (Linearity)	NOx : ± 2 % FS O2 : ± 2 % FS	
6 소 음	± 1 % FS	
7 반복성	± 0.5 % FS	
8 간 섭	10% CO2에 대한 NOx의 3% 이하	
9 측정 가스	NO 표준가스 (1리터, 7 atoms)	
10 치 수	300×311×200(mm)	
11 무 게	약 11 kg	
12 아날로그 출력	0 ~ 1 V	
13 전력 소모	250 VA(열선사용시)	
14 사용 전력	100~240 V 50/60 Hz±5%	AC± 10%
15 Maker	Horiba	

2.3 정제 장치

정제 장치로는 현재 대형 선박에서 정제장치로 널리 사용되고 있는 Purifier와 2005년도 어선연료비 절감 모델시스템 연구개발에서 사용되었던 M.C.H(Mixing Clean Heater 연료유 가열교환기)와 세라믹볼을 이용한 연료 정제장치인 세라믹볼 연료절감장치 3종과 Purifier+M.C.H를 연결한 시스템과 Purifier+세라믹볼장치 2종 총 5종의 정제장치로 구성하였다. 본연구에서 사용된 정제장치의 실물 사진은 Fig. 6~Fig. 9와 같다.



Fig. 6 Purifier



Fig. 7 Mixing Clean Heater

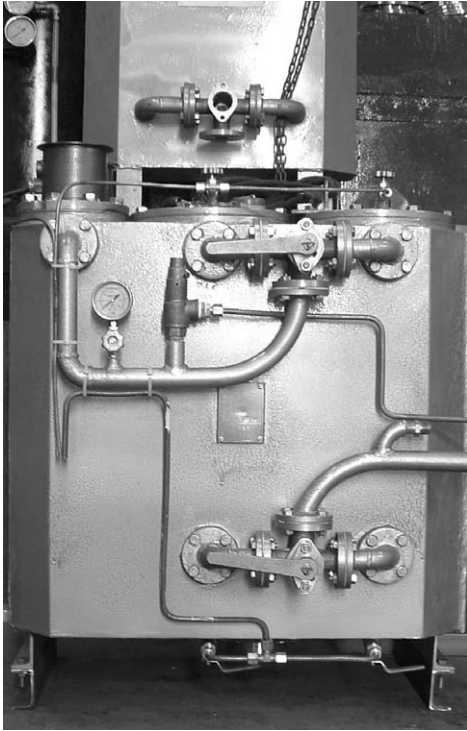


Fig. 8 세라믹볼 연료 절감 장치

2.4 시험 방법

시험은 7일간 남해일대를 운항하며 실시되었으며, 주기관에 대하여는 5가지 유종에 대하여 시험하였고, 발전기에 대하여는 MDO, MF 15, Bunker A 3가지 유종에 대하여 시험하였다. 시험 계획 시에는 MF 150 및 MF 180까지 시험하기로 되어 있었으나 2월달의 기온사정으로 MF 150 및 MF 180은 대기온도가 낮아 시험이 불가능하여 정제시료만 채취하였다. 먼저 본선에서 사용하는 경유를 사용하여 NOx 및 Smoker를 계측하여 시험 연료유의 기준을 삼았다. 각 시험유(MDO, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100)를 5가지 정제시스템으로 정제한 후 엔진에 연료를 공급하여 엔진

부하(무부하, 1/4부하, 2/4부하, 3/4부하 및 4/4부하)마다 발생하는 NOx와 Smoke를 계측하였고, 각 부하시마다 엔진의 상태를 계측하였다.



Fig. 9 주기관 NOx 계측 장면



Fig. 10 주기관 smoke 계측장면



Fig. 11 보조기관 NOx 및 Smoke 계측 장면

3. 실험결과 및 고찰

3.1 주기관 NOx 분석

Fig. 12 및 Fig. 13은 주기관에 있어서 시험연료(MGO, MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100) 및 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, 4/4 부하)에 따른 NOx 발생량을 나타내고 있다.

Fig. 12는 Purifier + Mixing clean heater 정제장치를 통한 혼합유(MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100)를 주기관공급하였을 때 발생된 NOx 발생량을 나타내고 있다. MF 60혼합유 사용 시 전부하에 걸쳐서 NOx 발생량이 가장 적었으며, MF 60 및 MF 100 사용 시 본선의 경유 사용 시보다 NOx 발생량이 적음을 확인할 수 있다. 또한 MF 15와 Bunker A 사용 시의 NOx 발생량은 거의 같은 수준이었으며, 전부하에 걸쳐서 본선의 경유 사용 시보다 NOx 발생량이 많았다.

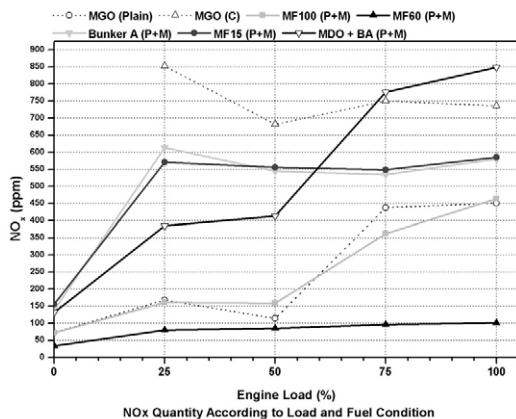


Fig. 12 Purifier와 MCH를 통한 NOx 발생량

Fig. 13은 본선에서 사용하고 있는 경유(MGO)를 Purifier+Ceramic ball장치를 통하여 정제한 후 혼합유(MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100)를 주기관에 공급 시 발생하는 NOx 양을 나타내고 있다. Fig. 12에서와 유사하게 MF 60 사용 시 50% 이상의 부하 시에 NOx 발생량이 가장 적었으며, MF 60 및 MF 100 사용 시 대체적으로 NOx 발생량이 적음을 확인할 수 있다. 또한, MF 15, Bunker A 및 MDO+B/A 사용 시 NOx 발생량이 거의 같은 수준이었으며, 전부하에 걸쳐서 본선의 경유 사용 시보다 NOx 발생량이 많았다.

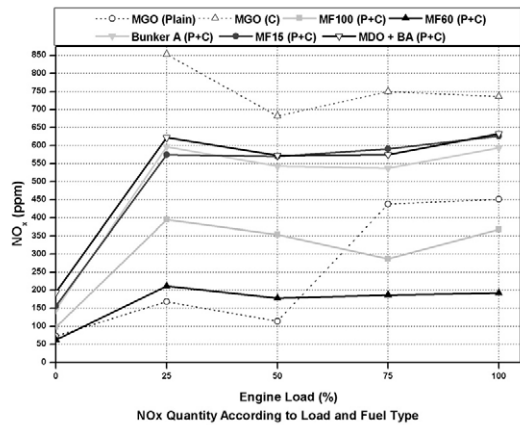


Fig. 13 Purifier와 Ceramic 장치를 통한 NOx 발생량

Fig. 14는 본선에 사용중인 경유를 그대로 사용한 MGO(Plain)대비 MDO와 Bunker A를 혼합한 혼합유를 Purifier로 전처리한 후, MCH와 Ceramic ball로 각각을 전처리하여 주기관(Main engine)에 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 NOx 발생량을 나타내고 있으며, MGO 대비 혼합유 사용 시

NOx 발생량이 전 구간에 걸쳐서 높은 수준이었다. 또한 Mixing clean heater 와 Ceramic ball 의 효과를 비교해보면 50% 부하 이하에서는 Mixing clean heater의 효과가 있었으나, 50% 부하 이상에서는 Ceramic ball 의 효과가 더 좋을 수 있다.

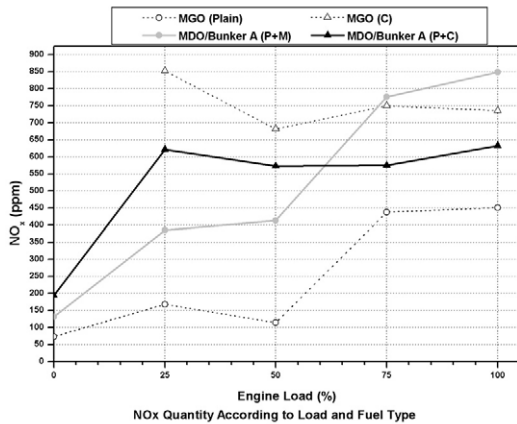


Fig. 14 MDO/Bunker A의 NOx 발생량

Fig. 15는 MF 15의 혼합유를 Purifier로 전처리한 후, Mixing clean heater와 Ceramic ball 로 각각을 전처리하여 주기관(Main engine)에 사

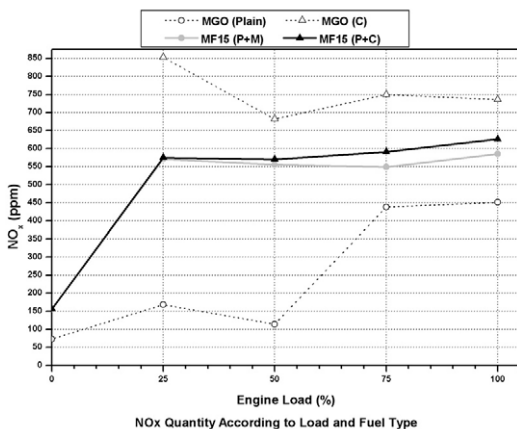


Fig. 15 MF 15의 NOx 발생량

용 시 엔진부하별로 발생하는 NOx의 양을 나타내고 있으며, MGO 대비 MF 15 혼합유 사용 시 NOx 발생량이 전 구간에 걸쳐서 높은 수준이었다. 또한 Mixing clean heater와 Ceramic ball 의 효과를 비교해 보면 거의 같은 수준이었으나, 50% 부하 이상에서는 Mixing clean heater의 효과가 좀더 좋은 것으로 나타났다.

Fig. 16은 Bunker A를 Purifier로 전처리한 후, Mixing clean heater 와 Ceramic ball 로 각각을 전처리하여 주기관(Main engine)에 사용 시 엔진부하 (무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 NOx 발생량을 나타내고 있으며, MGO 대비 Bunker A 사용 시 NOx 발생량이 전 구간에 걸쳐서 높은 수준이었다. 또한 Mixing clean heater와 Ceramic ball의 효과도 거의 같은 수준으로 나타났다.

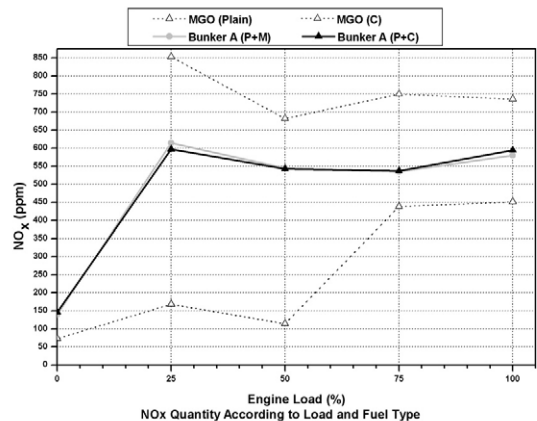


Fig. 16 Bunker A NOx 발생량

Fig. 17은 MF 60 혼합유를 각각의 전처리 장치 (Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)로 전처리 하여 주기관(Main

engine)에 사용 시 엔진부하별로 NO_x 발생량을 나타내고 있으며, Purified+Mixing clean heater 장치로 전처리한 경우의 NO_x 발생량이 전 구간에 걸쳐서 가장 낮은 수준으로 나타났다.

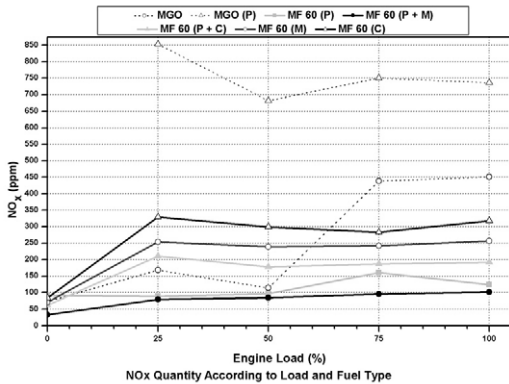


Fig. 17 MF 60 NO_x 발생량

Fig. 18은 MF 100 혼합유를 각각의 전처리 장치(Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater)로 전처리 하여 주기관(Main engine)에 사용 시 엔진부하 (무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 NO_x 발생량을 나타내고 있으며,

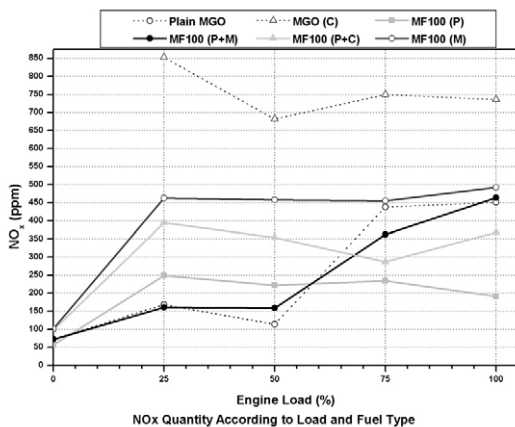


Fig. 18 MF 100 NO_x 발생량

Purified+Mixing clean heater 장치로 전처리한 경우의 NO_x 발생량이 본선에서 기존에 사용하던 MGO를 사용했을 때와 거의 비슷한 수준을 나타냈다.

이상에서 검토한 바와 같이 주기관에 평상시 사용하던 경우(MGO) 대신 값이 저렴한 혼합유(MGO, MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100) 사용 시 대체적으로 전구간에 걸쳐서 NO_x 발생량이 많은 편이다. 그러나 혼합유 MF 60과 MF 100의 NO_x 발생량은 50% 부하 이상에서 본선의 MGO를 사용했을 때와 거의 같은 수준이었다.

3.2 보조기관 NO_x 분석

Fig. 19는 본선에 사용중이던 경유(MGO)와 MDO를 각각의 정제 장치(Filtered, Purifier, MCH, Ceramic ball, Purifier + MCH, Purified + Ceramic ball, P+M+C)로 전처리 하여 보조기관용 연료로 사용 시 발전기 부하별 (15kW~60kW) NO_x 발생량을 비교하여 나타내고 있다. 그래프상에 크게 2가지 결과로 나누어 지는데, 실험진행 순서상 NO_x 발생량이 많은 위쪽 부분(P, P+M, P+C)은 본선의 경유가 섞인 것 같으며, 아래쪽 부분(M, C, F, P+M+C)은 MDO에 B/A가 섞인 것 같다. 따라서 전체적으로 MDO 사용 시가 MGO 사용 시보다 NO_x 발생량이 적음을 알 수 있다.

Fig. 20은 본선에 사용중이던 경유(MGO)와 MF 15 혼합유를 각각의 전처리 장치(Purified, Purified + Mixing clean heater, Purified + Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic

ball)로 전처리하여 보조기관용 연료로 사용 시 발전기 부하별(15kW~65kW)별로 NOx 발생량을 비교하여 나타내고 있다. MF 15 혼합유 사용 시가 본선용 경우 사용 시보다 전구간에 걸쳐서 NOx 발생량이 적음을 알 수 있다.

이상에서 검토한 바와 같이 발전기에 평상시 사용하던 고가인 경유를 대신하여 값이 저렴한 혼합유(MDO, MF 15, Bunker A)를 사용하여도 NOx 발생량에 대해서는 문제가 없음을 알 수 있다.

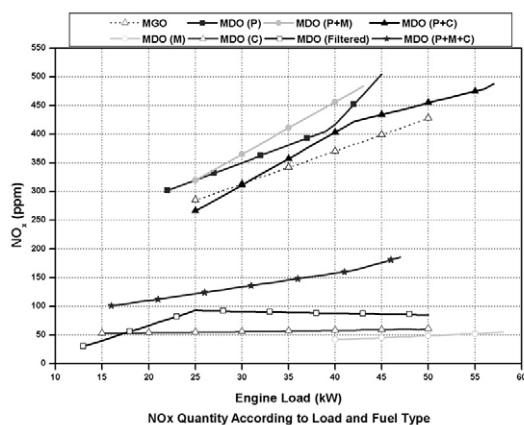


Fig. 19 MDO NOx 발생량

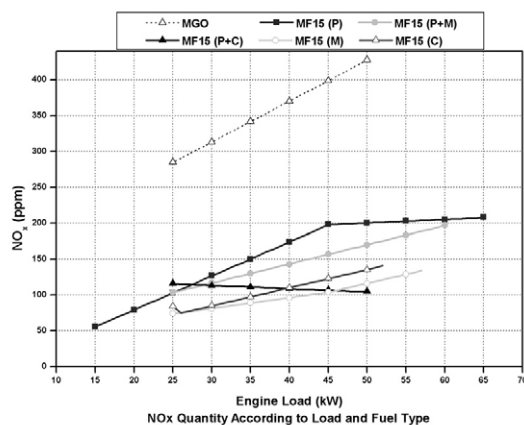


Fig. 20 MF15 NOx 발생량

3.3 주기관 Smoke 분석

Fig. 21, 22는 주기관에 있어서 시험유종(MGO, MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100) 및 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)에 따른 Smoke 발생량을 FSN(Filter Smoke Number)로 나타내고 있다.

Fig. 21은 본선에서 사용하고 있는 경유(MGO) 대비 혼합유(MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100) 사용 시 Soot의 발생량을 나타내고 있다. 50% 이하 부하에서는 경유(MGO) 사용 시 Soot 발생량이 전체적으로 적었으며, 50%를 초과하면 오히려 혼합유 사용 시보다 Soot 발생량이 많음을 알 수 있다. 혼합유 사용 시는 25% 부하에서 Soot 발생량이 가장 많음을 확인했으며, 일반적으로 조악하다고 생각되는 MF 100, MF 60, B/A, MF 15, MDO+B/A 순으로 Soot 발생량이 많았다. Fig. 22는 본선에서 사용하고 있는 경유(MGO) 대비 전처리(Purified+

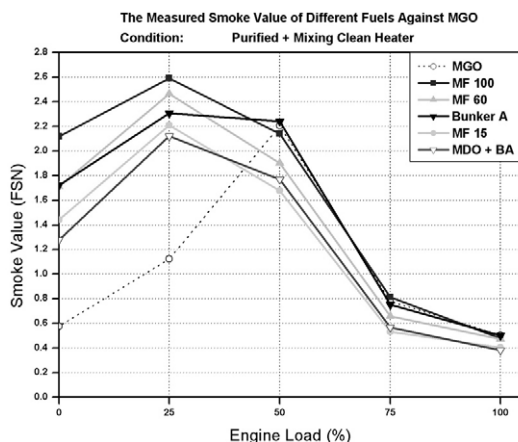


Fig. 21 주기관 FSN 발생량(P+M)

Ceramic ball)시킨 혼합유(MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100) 사용 시 Soot의 발생량을 나타내고 있으며, Fig. 21에서와 거의 비슷한 현상을 보였으며, 특히 MF 15 혼합유 사용 시 Ceramic ball의 효과가 크게 나타나 Soot 발생량이 적음을 알 수 있다.

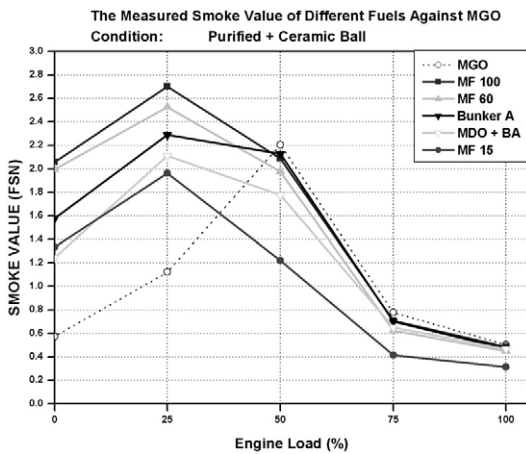


Fig. 22 주기관 FSN 발생량(P+C)

Fig. 23은 본선 MGO와 MGO를 Ceramic ball로 전처리한 경우의 Soot 발생량을 엔진부하(무

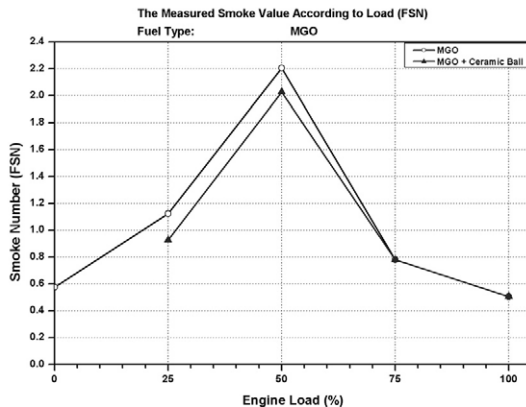


Fig. 23 MGO 사용시 주기관 FSN 발생량(C)

부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하 Full 부하)별로 나타내고 있으며, 전 부하구간에 걸쳐서 Ceramic ball로 전처리한 MGO 사용 시 Soot 발생량이 적음을 알 수 있다.

Fig. 24는 MGO(33%)와 B/A(67%)를 혼합한 연료를 Purifier로 전처리한 후 Mixing clean heater와 Ceramic ball로 각각 전처리한 혼합유 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있으며, 전 부하구간에 걸쳐서 비슷한 수준을 나타냈으나 50% 이상의 구간에서는 Mixing clean heater로 전처리한 혼합유 사용 시 Soot 발생량이 조금 적었다.

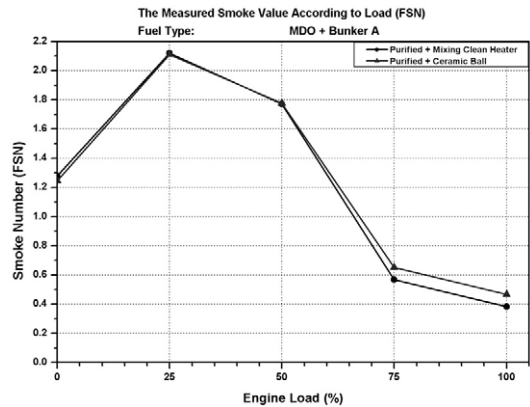


Fig. 24 MGO+Bunkdr A 사용시 FSN 발생량 (M+P 및 M+C)

Fig. 25는 MF 15를 Purifier로 전처리한 후 Mixing clean heater와 Ceramic ball로 각각 전처리한 혼합유 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하) 별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있으며, 전 부하구간에 걸쳐서 Ceramic ball로 전처리한 혼합유 사용 시 Soot 발생량이 적게 나타났다.

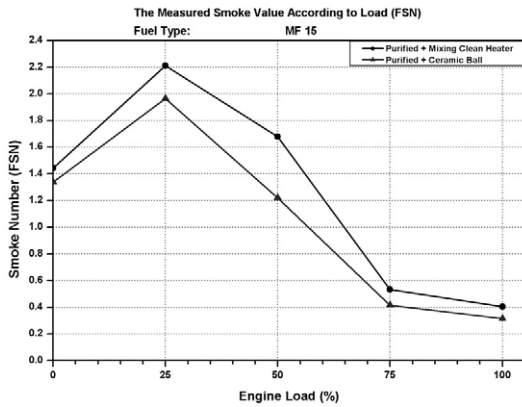


Fig. 25 MF 15 사용시 FSN 발생량(M+C)

Fig. 26은 Bunker A를 Purifier로 전처리한 후 Mixing clean heater와 Ceramic ball로 각각 전처리한 혼합유 사용 시 엔진부하별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있으며, 전 부하구간에 걸쳐서 Ceramic ball로 전처리한 혼합유 사용 시가 Soot 발생량이 약간 적게 나타났다.

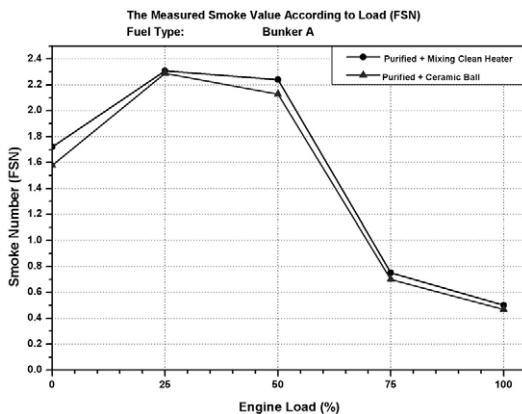


Fig. 26 B/A 사용시 FSN 발생량(M+C)

Fig. 27은 MF 60을 각각의 전처리 장치 (Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)로 혼합유를 전처리하여 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있으며, 전체적으로 Purifying 효과가 크게 나타났으며, Purified+Mixing clean heater로 정제한 혼합유 사용 시가 Soot 발생량이 가장 적음을 알 수 있다. 또한, 부하가 작을수록 Soot 발생량이 많았으며, Soot 발생량이 가장 많은 25% 부하에 의 Soot 저감효과가 좋은 장치부터 나열하면 Purified+Mixing clean heater, Purified, Purified+Ceramic ball, Ceramic ball 및 Mixing clean heater 순으로 나타났다.

Fig. 27은 MF 60을 각각의 전처리 장치 (Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)로 혼합유를 전처리하여 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있으며, 전체적으로 Purifying 효과가 크게 나타났으며, Purified+Mixing clean heater로 정제한 혼합유 사용 시가 Soot 발생량이 가장 적음을 알 수 있다. 또한, 부하가 작을수록 Soot 발생량이 많았으며, Soot 발생량이 가장 많은 25% 부하에 의 Soot 저감효과가 좋은 장치부터 나열하면 Purified+Mixing clean heater, Purified, Purified+Ceramic ball, Ceramic ball 및 Mixing clean heater 순으로 나타났다.

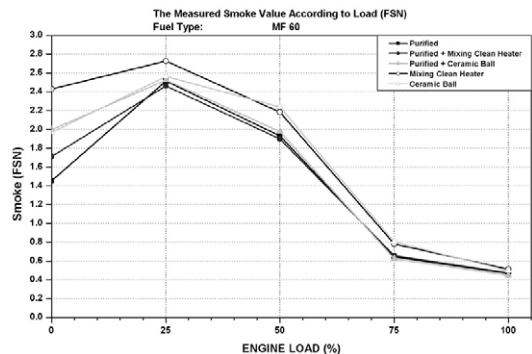


Fig. 27 MF 60 사용시 FSN

Fig. 28은 MF 100을 각각의 전처리 장치 (Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)로 혼합유를 전처리하여 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있으며, 전체적으로 Purifying 효과가 크게 나타났으며, Purified+Mixing clean heater로 정제한 혼합유 사용 시가 Soot 발생량이 가장 적음을 알 수 있다. 전처리 장치의 효과가 가장 크게 나타

난 무부하 구간에서의 Soot 저감효과가 좋은 장치부터 나열하면 Mixing clean heater, Purified + Ceramic ball, Purified + Mixing clean heater, Purified 및 Ceramic ball 순으로 나타났다.

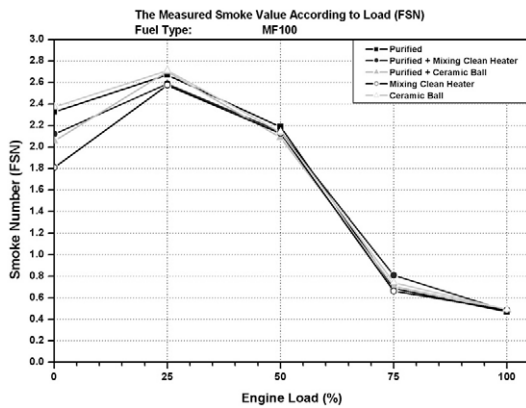


Fig. 28 MF 100 사용시 FSN

Fig. 29는 MGO, MF 15, MF 60을 전처리 장치를 통하여 주기관에 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별로 발생하는 Soot 발생량을 나타내고 있으며, 혼합유가 조악해질수록 Soot의 발생량이 많아짐을 알

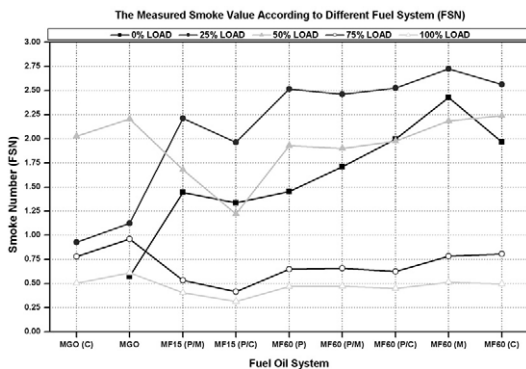


Fig. 29 MGO, MF 15 및 MF 60 사용시 FSN

수 있다. 또한, MGO는 50% 부하에서 그리고 MF 15 및 MF 60 혼합유는 25% 부하에서 Soot 발생량이 가장 많음을 알 수 있으며, 75% 이상의 부하에서는 전체적(MGO, MF 15, MF 60 혼합유 사용 시)으로 Soot 발생량이 적음을 알 수 있다.

Fig. 30은 MF 100, B/A, MDO+B/A 를 전처리 장치를 통하여 주기관에 사용 시 엔진부하(무부하, 1/4 부하, 1/2 부하, 3/4 부하, Full 부하)별로 발생하는 Soot 발생량을 나타내고 있으며, 혼합유가 조악해 질수록 Soot의 발생량이 많아짐을 알 수 있다. MF 100, B/A 및 MDO+B/A 혼합유 모두 25% 부하에서 Soot 발생량이 가장 많음을 알 수 있으며, 특히, MF 100의 경우 Soot 발생량이 가장 많은 25% 부하에서는 전처리 장치 (Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)의 효과가 거의 없음을 알 수 있다. 또한, 무부하 대비 50% 부하에서 대부분 Soot 발생량이 더 많음을 확인 할 수 있었으며, Soot 발생량이 많은 순서를 부하별로 나타내면 25%, 50%, 0%, 75% 및 100% 부하임을 알 수 있다.

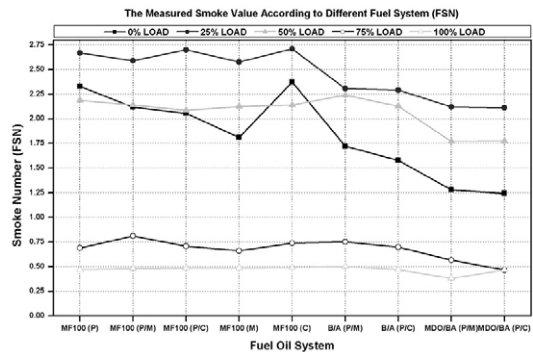


Fig. 30 MF 100, B/A 및 MDO+B/A 사용시 FSN

이상에 검토한 바와 같이 주기관에 평상시 사용 하던 고가인 경유(MGO) 대신 값이 저렴한 혼합유 (MDO+Bunker A, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100) 사용 시 Fig. 21, 22에서 나타내고 있는 바와 같이 Soot의 발생량이 50% 미만의 부하에서는 경유 사용 시가 적었으며, 50% 이상의 부하에서는 혼합유 사용 시가 오히려 적게 발생하였다. 그리고 전처리 장치(Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)의 효과를 분석한 결과 혼합유의 종류에 따라 약간의 차이는 있었으나, 대체적으로 Bunker A 이하(MDO+Bunker A, MF 15, B/A)의 혼합유에서는 Ceramic ball의 효과가 있었음을 알 수 있으며, MF 60 이상(MF 60, MF 100)의 조악한 혼합유로 갈수록 Mixing clean heater의 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 혼합유 사용 시 Soot 발생량이 25%, 50%, 0%, 75% 및 100% 부하순으로 많음을 알 수 있었다.

따라서 혼합유를 사용하려면 50% 이하의 부하에서 Soot 발생량이 가장 적은 전처리 장치를 사용해야 하며, 특히 25% 부하에서의 Soot 저감방법을 연구해야 한다. 시험 결과로 보면 MDO, MF 15 및 Bunker A는 전처리 장치(Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball)로 전처리한 경우에는 주기관에 사용해도 무방함을 알 수 있었으며, 좀 더 조악한 혼합유 MF 60과 MF 100은 위에서 언급한 전처리 장치를 사용하여도 25% 부하에서 Soot 발생량이 다소 높아 엔진에 무리가 있음을 알 수 있었다.

3.4 보조기관 Smoke 분석

Fig. 31은 본선 경유(MGO)와 MDO를 각각의

전처리 장치(Filtered, Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball, P+M+C)로 전처리하여 발전기(Generator engine)용 연료로 사용 시 발전기 부하별(15kW~65kW)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있다. 전구간에 걸쳐서 Soot 발생량이 본선의 MGO 사용 시보다 MDO 사용 시에 더 적음을 알 수 있으며, MDO를 P+M+C의 전처리 장치로 전처리하여 사용 시 Soot 저감효과가 가장 좋았다.

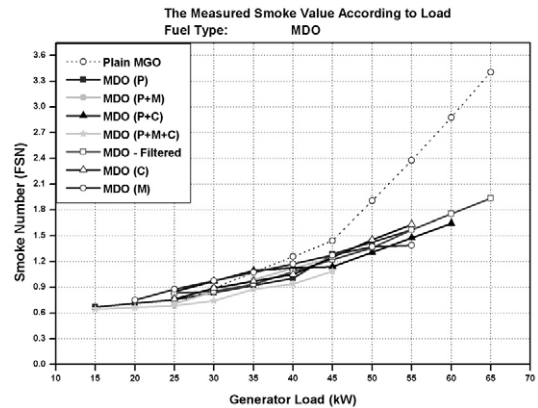


Fig. 31 MDO 사용시 FSN 발생량

Fig. 32는 MF 15 혼합유를 각각의 전처리 장치 (Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)로 전처리하여 발전기(Generator engine)용 연료로 사용 시 발전기 부하별(15kW~75kW)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있다. Soot 발생량은 전구간에 걸쳐서 본선의 MGO 사용 시보다 MF 15 혼합유 사용 시에 더 적게 발생함을 알 수 있으며, 전처리 장치인 Mixing clean heater와 Ceramic ball의 Soot 저감효과가 있음을 알 수 있다.

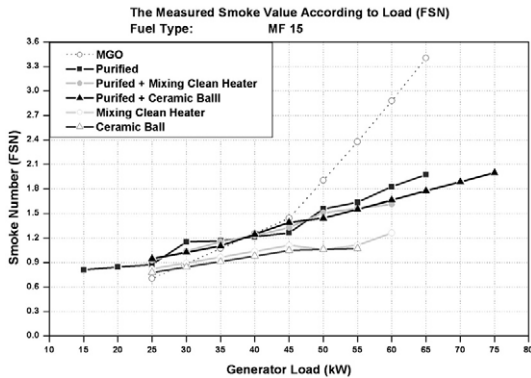


Fig. 32 MF 15 FSN 발생량

Fig. 33은 Bunker A를 각각의 전처리 장치(Purified, Purified+Mixing clean heater, Purified+ Ceramic ball, Mixing clean heater, Ceramic ball)로 전처리하여 발전기(Generator engine)용 연료로 사용 시 발전기 부하별(15kW~ 65kW)별 Soot 발생량을 비교하여 나타내고 있다. Soot 발생량은 전구간에 걸쳐서 본선의 MGO 사용 시보다 Bunker A 사용 시에 더 적게 발생함을 알 수 있다.

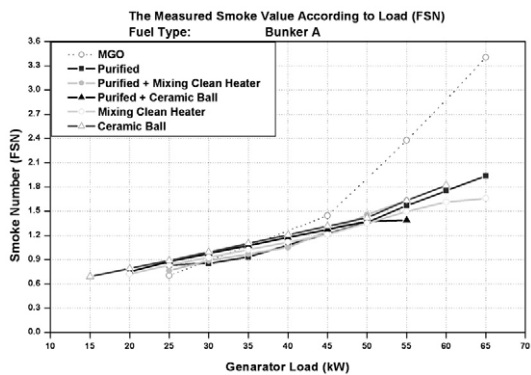


Fig. 33 Bunker A 사용시 FSN 발생량

이상에서 검토한 바와 같이 발전기에 평상시 사용하던 고가인 경유(MGO) 대신 값이 저렴한 혼합

유(MDO, MF 15, Bunker A) 사용 시 오히려 Smoke 발생량이 적음을 알 수 있으며, 발전기에 Bunker A 까지 사용하여도 무방함을 알 수 있다. 또한 질이 좋은 혼합유 일수록 Purified의 거의 없음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

5가지 시스템(Purifier, M.C.H, Ceramic정제 장치, Purifier+Ceramic, Purifying+M.C.H)으로 정제한 5종의 시험유(MDO, MF 15, Bunker A, MF 60, MF 100)를 정제하여 25가지 시료를 구성하여 경유(M.G.O)와 NOx 및 Smoke의 상태를 분석하였다. 다음과 같은 결론을 얻었다.

MF 60, MF 100급의 시험유에서는 2005년 연구에서 MF 30급연료와 비슷한 결과를 얻었다. 즉 50% 이상의 부하에서는 NOx 값이 경유보다 낮게 나타난다는 것과 Smoker 발생량에서도 NOx와 같은 패턴을 띠고 있음을 알 수 있었다.

장기적인 엔진사용을 고려하여 혼합유 적용시험을 통한 부식 진행 정도와 부식 방지에 대한 연구를 계속 진행 할 계획으로 있다.

참고문헌

- (1) 남정길, 2007, 연료의 성분에 따른 디젤엔진의 emission 특성에 관한 연구, 한국마린엔지니어링 공학회 전기학술대회
- (2) 이종열, 1998, 유류공학, 효성출판사
- (3) 전효중, 1997, 내연기관 강의, 효성출판사

이 논문은 해양수산부의 해양수산개발사업 연구비 지원으로 이루어진 것임을 밝힙니다.