

선박에서 배출되는 NO_x의 배출량 규제에 대한 대응 방안 고찰

장미숙^{1*} · 김상현² · 강국진¹

¹한국해양연구원 해양시스템안전연구소 해양운송시스템연구본부

²인하대학교 기계공학부 선박해양공학과

A review on the Plan for the Further Reinforcement of the NO_x Emission Limit for Marine Diesel Engine

M. S. Jang^{1*}, S. H. Kim² and K. J. Kang¹

¹Korea Ocean Research & Development Institute/Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering (KORDI/KRISO), Daejeon 305-343, Korea

²Naval Architecture & Ocean Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

요 약

현재 국내 엔진 제작사에서 주로 이용하는 NO_x 저감 기술은 low NO_x fuel nozzle과 연료분사시기 조정과 같은 엔진 개량방법이지만, 향후 NO_x에 대한 규제가 강화될 것을 대비하여 고효율의 NO_x 제거기술(EGR, DWI, SCR 등) 도입과 정책적 지원이 요구된다. 또한, THC, PM, CO 등에 대한 추가 규제가 예상되므로 기타 대기오염물질을 제거할 수 있는 DPF/CDPF, DOC, HCC 등의 기술을 선박에 도입하기 위한 연구가 이루어져야 한다. 선박에서 발생하는 대기오염물질을 규제하기 위한 법률의 제·개정시에는 내륙에서 운항되는 유람선 등에 대한 규제가 동시에 이루어져야 할 것이다.

Abstract – Domestic marine diesel engine makers reduce the NO_x emission mostly by applying low NO_x fuel nozzle and injection timing retard. However, it is necessary to develop high efficient technology (EGR, DWI and SCR, etc.) to reduce NO_x emission in order to prepare for the further reinforcement of the NO_x emission limit. Also, in the near future, IMO will restrict additively THC, PM and CO with NO_x. Therefore, domestic engine makers have to prepare for it and the relevant government ministries should give a sufficient support to these technology research and establish or amend the relevant law, which should include the excursion riverboat.

Keywords: NO_x(질소산화물), Reduction Technology(배출량제어), Emission Limit(박용디젤기관), Marine Diesel Engine(해양오염방지조약), MARPOL

1. 서 론

1950년 로스앤젤레스(LA) 광화학 스모그(photochemical smog, 여기서 smog는 smoke와 fog의 합성어) 사건을 통해 관심이 증대된 질소산화물은, 대기 오염물질 중 가스상 물질의 하나로 광화학 스모그 및 산성비(acid rain) 등을 유발하여 인체는 물론 동, 식물과 건축물에 지대한 영향을 주는 물질이다.

육상 대기의 질소산화물 총배출량 중 자동차 등 수송(도로 및 비도로)이 차지하는 비율은 59.21%로 절반이상이며(환경부[2003]), 수송 중 디젤자동차가 차지하는 비율은 83%로(환경부[2000]) 전체 배출량으로 환산하면 49.14% 정도이다.

이러한 점을 고려해 볼 때, 경유 및 중유를 주 연료유로 하는

해상의 선박은 해상 대기의 질소산화물의 주 원인이 된다고 할 수 있다. 또한 해상 대기로의 질소산화물의 배출은 대기의 이동과 확산에 의해 연안의 육상대기의 질소산화물 농도에 영향을 미치게 될 것이지만, 지금까지 선박에서의 대기오염물질은 규제된 바가 없다.

그러나, 국제적인 환경오염 문제는 선박에서도 예외가 될 수 없고, 이러한 맥락에서 1997년 국제해사기구(IMO)는 MARPOL 부속서 6을 채택하여 선박에서 배출되는 대기오염물질에 대하여 규제하기로 합의하고, 협약은 15개국 수락과 수락한 15개국의 선복량이 전체 선복량의 50%를 넘으면 발효하기로 규정하였다. 올해 5월 18일 드디어 사모아에 의해 15개국에 대한 협약조건을 만족하였고, 이로 인해 국제 수역에서 항해하는 모든 선박은 2005년 5월 19일부터 선박에서 배출되는 대기오염물질에 대한 규제를 받게 되었다. (IMO[2004]) 이 협약의 시행을 통해 질소산화물은 물

*Corresponding author: jmsrose@kriso.re.kr

론 오존층을 파괴하는 CFC계 냉매와 Halon 가스 사용이 금지되고, 황산화물 배출 저감을 위해 황함유율이 낮은 선박 연료유를 사용하도록 하였으며, 휘발성유기화합물(VOCs) 배출 규제 및 선내 소각 금지 등의 조치가 이루어진다. 이 협약은 2000년 1월 1일 건조된 선박부터 소급 적용되는데, 국내의 엔진 제작사들은 발 빠르게 이러한 국제적 동향에 맞추어 이미 박용 엔진의 질소산화물저감에 대한 기술을 도입하고 있다.

본 논문에서는 선박으로부터 배출되는 대기오염물질 중 NOx에 대한 국내의 저감기술 이용 현황을 살펴보고 강화되는 배출 규제에 대한 국내의 대응 방안에 대하여 논의하고자 한다.

2. 선박에서 발생하는 질소산화물의 국내 저감기술 현황

2.1 질소산화물의 생성원인

질소산화물은 안정한 형태인 N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₅, 불안정한 형태인 NO가 존재하는데 이 중 대기 환경에 영향을 주는 화학종은 주로 NO 및 NO₂이다.

발생원은 크게 자연적 원인과 인위적 원인으로 나뉜다. 자연적 원인은 토양 세균에 의해 주로 생성되는데 대기 중 자연적 원인에 의한 농도는 저농도이므로 문제가 되지 않는다. 인위적 원인으로서는 화석연료를 사용하는 내연기관 및 연소시설, 화학물질 제조 및 질산에 의한 급속 처리 등을 통해 배출된다.

질소산화물을 생성 메커니즘에 따라 나누면 연료에 포함된 질소성분이 산소와 결합하여 생성되는 Fuel NOx와 공기 중 질소가 고온에서 산화되거나 연료 중 탄화수소와 급속하게 반응하여 생성되는 Thermal or Prompt NOx가 있다.

디젤엔진으로부터 배출되는 NOx의 대부분은 Thermal NOx이므로 이것을 조절하는 기술이 중요한 문제이고, 따라서 연소시간과 연소온도 등을 포함하여 내연기관 및 연소시설의 특성을 변경함으로써 해서 질소산화물의 저감을 얻어낼 수 있다.

2.2 질소산화물의 저감방법

1차적인 질소산화물 저감방법은 디젤 기관의 NOx 생성의 경우 열효율을 결정하는 cycle의 평균온도와는 달리 연소실내의 국부적

인 높은 온도에 기인하므로 엔진 내에서 연소를 제어하여 산소농도와 화염온도의 저감을 시도하는 방법이다. 이 방법에는 추가적인 장치를 필요로 하는가와 엔진부 개조가 필요한가에 따라 다시 두가지 방법으로 나뉘는데 비용면에서는 엔진부 개조가 비용이 적게 소요된다. 2차적인 방법은 발생된 NOx를 다시 N₂, H, O 로 환원 분리하는 배기가스 후처리방법이다.

Fig. 1은 NOx 배출 저감 기술에 대한 분류 도표(關西造船協會[2002])이다. 현재, IMO의 배출 기준(IMO[1998])을 만족하기 위해서 주로 low NOx fuel nozzle과 delayed fuel injection, higher compression ratio 방법 등 엔진 개량을 통한 질소산화물 저감기술이 많이 활용되고 있으며, NOx 배출 저감 효과가 높은 EGR과 direct water injection, water emulsified fuel 방법은 Man B&W 및 WARTSILA에서 현재 연구 중이다. 그러나, 향후 IMO의 NOx 배출 규제 기준이 더욱 더 엄격해 지는 경우 SCR은 가장 유력한 방법이 될 것이다.

2.3 국내 박용 엔진 제작사의 NOx 저감기술 이용 현황

현대중공업에서는 Low NOx Fuel Nozzle 방법을 주로 적용하여 NOx 배출량을 감소시키고 있다. 강국진 등[2004]에 따르면, 16,860 kW, 91 rpm의 엔진에 대한 NOx 배출량 저감 실험 결과, 수직 및 수평각을 조정하여 연료의 방향을 변환시킴으로써 해서 최종 NOx 배출량이 18.01 g/kWh에서 IMO 기준 이내인 14.87 g/kWh로 17.45% 감소되었다. Fig. 2는 현대중공업의 Low NOx fuel Nozzle 디자인 방법(한국해양연구원[2003])이다.

HSD에서도 Low NOx Fuel Nozzle 방법을 적용하여 NOx 배출량을 감소시키고 있다. 또한, 연료 분사시기의 조정 등의 엔진 개량의 방법도 사용하고 있다(한국해양연구원[2003]). Fig. 3은 연료 분사시기 조정에 따른 HSD의 NOx 배출 저감 사례이다. 분사시기 조정 전에도 IMO 기준치를 만족한 type 2를 제외한 나머지 3가지 엔진 모두 연료 분사시기 조정으로 15-16%의 NOx 저감 효율을 나타내고 있다.

STX에서는 Low NOx Fuel Nozzle 방법, 연료 분사 시기 조정 등의 엔진 개량 및 물-연료 혼합 등의 방법을 이용하여 NOx 배출량을 감소시키고 있다(한국해양연구원[2003]). 대우중합기계는 자동차 및 건설기계, 발전기용 엔진을 같이 생산하기 때문에 NOx 외에 CO, HC(hydrocarbon) 및 PM(Particulate Matter)의 저감을 동시에

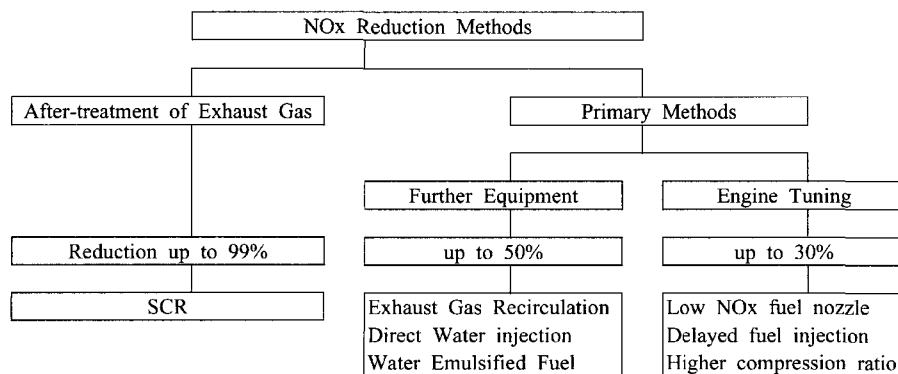


Fig. 1. NOx emission reduction technology.

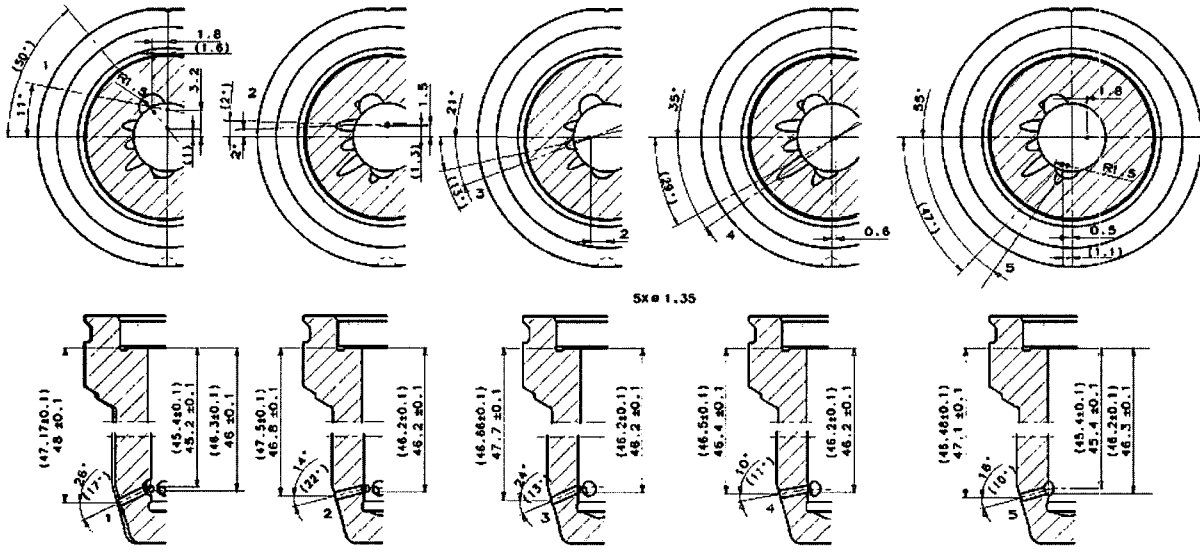


Fig. 2. Design method of low NOx fuel nozzle.

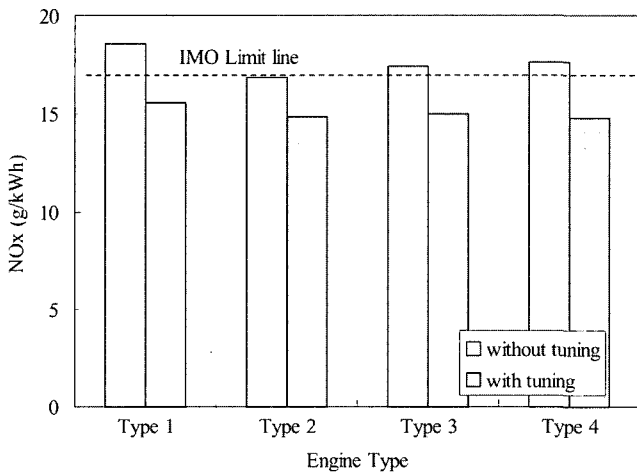


Fig. 3. NOx reduction by fuel injection retard.

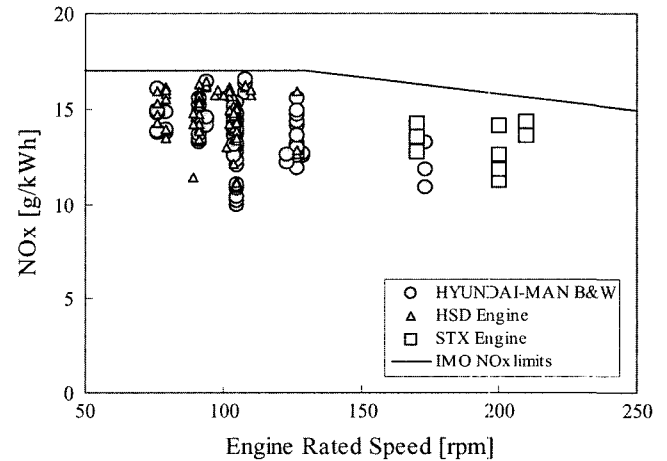


Fig. 4. NOx Emission by domestic marine diesel engine manufacturers.

고려해야 한다. 따라서, 연료분사계통의 최적화 외에도 흡배기 및 연소실 형상의 재설계 등을 통한 최고연소온도 및 연소속도 조절 등 엔진중심의 기술개발이 이루어지고 있다(한국해양연구원[2003]).

3. 질소산화물 배출 규제 기준과 대응방안

3.1 국내 박용 엔진 제작사의 NOx 배출량 현황

IMO는 rated engine speed에 따른 NOx 배출허용기준(IMO[1998])을 다음과 같이 정하고 있다.

- 130 rpm 이하의 엔진: 17.0 g/kWh 이하
- 130-2000 rpm의 엔진: $45 \times n^{-0.2}$ g/kWh 이하
- 2000 rpm 이상의 엔진: 9.8 g/kWh 이하

국내 엔진 제작사는 1999년부터 이 기준의 발효에 대비하여 NOx 저감 기술에 대한 연구를 수행하였고, 현재 생산되는 모든 엔진들은 IMO의 배출 허용기준을 만족하고 있다. Fig. 4는 국내

에서 제작되는 저속 대형 엔진의 NOx 배출량 측정 결과(한국해양연구원[2003])이다. HYUNDAI-MAN B&W는 8,880-80,080 kW, HSD는 3,360-4,900 kW, STX는 7,240-6,9470 kW급 엔진에 대하여 E3 모드에서 측정되었다.

3.2 현재 NOx 배출량 규제치

Table 1은 세계 각국의 선급, EU 및 스웨덴의 NOx 배출량 규제와 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 해상용 엔진에 대한 환경오염물질 배출 규제 등을 나타낸다.

표에서 알 수 있듯이, 한국선급(KR, Korean Register of Shipping)을 비롯한 세계 각국의 선급에서 규제하는 NOx 배출량은 기본적으로 IMO의 규제치와 동일하다. 다만, DNV(Det Norske Veritas, 노르웨이 선급협회)의 clean design과 LR(Lloyd's Register of Shipping)의 N-character는 더 엄격한 배출량 규제치가 적용된다. 현재 IMO 규제치와 동일한 기준을 적용하는 EU는 향후 더 엄격

Table 1. NOx Limits [g/kWh]

Engine rated speed (n)		n < 130 rpm	130 ≤ n < 2000 rpm	n ≥ 2000 rpm
IMO		17.0	45.0 × n ^{-0.2}	9.8
ABS (USA)	ES ¹⁾		same as IMO	
BV (France)	CLEAN AIR		same as IMO	
DNV (Norway)	CLEAN		same as IMO	
	CLEAN, DESIGN	10.2 (60% of IMO)	27.0 × n ^{-0.2} (60% of IMO)	5.9 (60% of IMO)
LR (UK)	EP ²⁾		same as IMO	
	N-Character	13.6 (80% of IMO)	36.0 × n ^{-0.2} (80% of IMO)	7.9 (80% of IMO)
	S-Character		-	
RINA (Italy)	CLEAN AIR		same as IMO	
GL (German)	EP ³⁾		same as IMO	
NK (Japan)	None		same as IMO	
KR (Korea)				
EU	Local	present: same as IMO, future: more stringent		
Sweden	Local	2 - 12		
The Rhine River	Local	37 kW ≤ P _N ⁴⁾ < 130 kW 9.2	P _N ≥ 130 kW & n > 2800 rpm 9.2	P _N ≥ 130 kW & n ≤ 2800 rpm 45.0 × n ^{-0.2}

1) ES: Environmental safety, 2) EP: Environmental protection, 3) EP: Environmental passport, 4) P_N: Engine rated power
 ※ABS(American Bureau of Shipping), BV(Bureau Veritas), DNV(Det Norske Veritas), LR(Lloyd's Register), RINA(Registro Italiano Navale), GL(Germanischer Lloyd), NK(Nippon Kaiji Kyokai), KR(Korean Register of Shipping), EU(European Union)

Table 2. Exhaust emission standards, U.S. EPA

Engine Size	Category	Model year ¹⁾	THC+NO _x g/kWh	CO g/kWh	PM g/kWh
Δ _c ²⁾ < 0.9, P _N ≥ 37 kW	Category 1, Commercial	2005	7.5	5.0	0.40
	Category 1, Recreational	2007	7.5	5.0	0.40
0.9 ≤ Δ _c < 1.2, all rated power levels	Category 1, Commercial	2004	7.2	5.0	0.30
	Category 1, Recreational	2006	7.2	5.0	0.30
1.2 ≤ Δ _c < 2.5, all rated power levels	Category 1, Commercial	2004	7.2	5.0	0.20
	Category 1, Recreational	2006	7.2	5.0	0.20
2.5 ≤ Δ _c < 5.0, all rated power levels	Category 1, Commercial	2007	7.2	5.0	0.20
	Category 1, Recreational	2009	7.2	5.0	0.20
5.0 ≤ Δ _c < 15.0, all rated power levels	Category 2	2007	7.8	5.0	0.27
15.0 ≤ Δ _c < 20.0, P _N < 3300 kW	Category 2	2007	8.7	5.0	0.50
15.0 ≤ Δ _c < 20.0, P _N ≥ 3300 kW	Category 2	2007	9.8	5.0	0.50
20.0 ≤ Δ _c < 25.0, all rated power levels	Category 2	2007	9.8	5.0	0.50
5.0 ≤ Δ _c < 30.0, all rated power levels	Category 2	2007	11.0	5.0	0.50
Δ _c ≥ 30.0 all rated power levels	Category 3		under discussion		

1) The model years listed indicate the model years for which the specified standards start.

2) Δ_c: Displacement per cylinder [L/cylinder].

한 규제치가 적용될 것으로 기대되며, 스웨덴은 현재 IMO 기준보다 더 엄격한 2-12 g/kWh의 NOx 배출량 기준으로 규제되고 있다. 라인강의 경우는 육상환경에 대한 영향을 고려하여 9.2 g/kWh 이하의 더욱 강화된 기준으로 규제하고 있다.

한편, 미국 EPA는 NOx에 대해서는 2004년 모델 이후 배수량 2.5 L/cylinder의 모든 엔진은 IMO 기준으로 규제하지만, 향후 NOx 뿐만 아니라 THC, PM(particulate matter), CO 등의 배출량을 규제하게 된다. 즉, 2004년부터 2007년까지 레저용/상업용을 실린더의 배수량에 따라 구분하여 순차적으로 NOx+THC, PM, CO에 대한 규제를 확대하고, 2007년 이후부터는 5-30 L/cylinder의 모든 엔진들에 대해서도 규제를 실시할 예정이다. 30 L/cylinder 이상의 엔진들에 대한 규제 기준은 현재 논의 중이다. Table 2는 미국

EPA의 대기오염물질 규제기준(U.S.EPA[2004])을 보여준다. 한편, 더욱 더 엄격한 voluntary 기준을 두고 이를 만족하는 엔진은 “Blue Sky Series” 엔진으로 명명하고 있다. Table 3은 voluntary 기준(U.S.EPA[2004])을 보여준다.

3.3 향후 NOx 배출 규제 예측

3.2절의 NOx 배출량 규제 현황을 고려할 때 향후 규제 기준은 더욱 더 강화될 것으로 기대된다. Fig. 5는 IMO의 현재 NOx 기준치와 Table 1, 2, 3을 참고로 한 향후 규제 예측치를 보여준다.

중·저속엔진(1000 rpm 이하, 평균 500 rpm)에 대한 높은 기준은 계속해서 낮아질 것으로 사료되는 바, 1단계는 저속엔진의 NOx 발생량 기준을 500 rpm에서의 현재 IMO 기준으로 저감될

Table 3. Voluntary Emission Standards, U.S. EPA

Rated brake power	THC+NOx	PM
Power \geq 37 kW and $\Delta_s < 0.9$	4.0	0.24
0.9 \leq $\Delta_s < 1.2$	4.0	0.18
1.2 \leq $\Delta_s < 2.5$	4.0	0.12
2.5 \leq $\Delta_s < 5.0$	5.0	0.12
5.0 \leq $\Delta_s < 15.0$	5.0	0.16
15 \leq $\Delta_s < 20$ and power $<$ 3300 kW	5.2	0.30
15 \leq $\Delta_s < 20$ and power \geq 3300 kW	5.9	0.30
20 \leq $\Delta_s < 25$	5.9	0.30
25 \leq $\Delta_s < 30$	6.6	0.30

것으로 예측하였다. 2단계는 LR의 N-Character 기준과 DNV의 CLEAN DESIGN 기준을 고려하여 약 20% 감소된 10.38 g/kWh, 최종적으로는 40% 감소된 7.79 g/kWh로 산출하였다.

엔진정격속도에 따른 서로 다른 NOx 배출량 기준에 대해 각각 40% 감소를 고려할 때에는 고속엔진에 대해 더 강화된 DNV의 CLEAN DESIGN 곡선을 적용할 수도 있을 것이다.

NOx 이외의 대기오염물질에 대한 규제는 관심이 증대되고 있는 기후·생태계변화유발물질인 CO₂가 우선적으로 2단계에서 포함되어야 할 것이다.

또한, 미국 EPA가 해상용 엔진에 대해 2004년부터 THC, PM, CO에 대한 규제를 단계적으로 시행한다는 점을 고려할 때, 최종적으로 모든 엔진이 규제를 받는 시점인 2007년 이후에는 이러한 항목들에 대한 규제가 포함될 것이라고 사료된다.

3.4 대응 방안

NOx 규제 기준이 Fig. 5와 같이 강화될 때, 현재 국내 엔진 제작사에서 도입하고 있는 Low NOx Fuel Nozzle 혹은 연료 분사 시기의 조정 등의 엔진 개량 방법으로는 강화된 기준을 만족할 수가 없다.

따라서, 향후 IMO의 NOx 배출허용기준이 더 엄격해질 경우에 대비하여 NOx에 대해 높은 제거율을 보이는 EGR, DWI의 1차 처리기술 및 SCR 방법의 후처리기술 도입 등이 고려되어야 할 것이다.

현재, 한국기계연구원에서는 저온 플라즈마를 이용한 탈황·탈질시스템의 지속적인 연구를 통해 저온 플라즈마+NH₃ SCR 탈황·탈질시스템을 개발하였으며, 선박용 디젤엔진에 시험한 결과 NOx 배출량이 최대 약 90% 까지 감소하는 것을 확인하였다(송영훈 등[2001]).

한국에너지연구원에서도 소각설비, 발전소 등의 육상용 플랜트에 이용되는 디젤 엔진으로부터 배출되는 가스로부터 SO₂와 NOx의 동시제거를 위한 고효율 공정기술에 관한 연구를 지속적으로 수행하고 있다. 한국에너지연구원 탈황·탈질 동시처리기술의 주요 내용은 기능성 산화제를 이용한 NO의 산화 및 SO₂/NO₂ 흡수 처리 기술이다. 이 기술은 아직 선박 엔진에 적용되지는 않았지만, 향후 선박 및 해양구조물에 탑재된 엔진의 SOx 및 NOx 저감 기술로 적용될 수 있을 것이다.

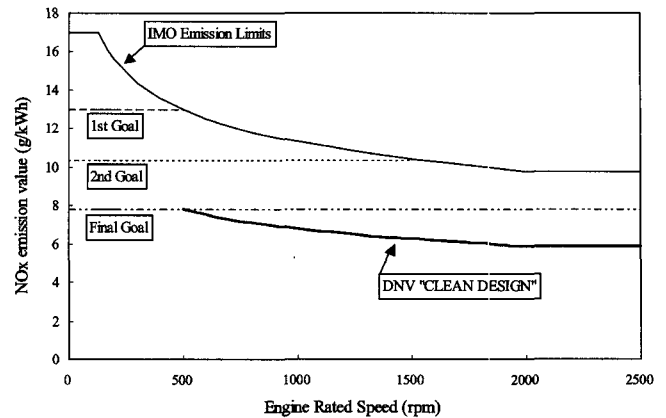


Fig. 5. IMO emission limits and predicted NOx limits.

또한, 향후 NOx 뿐만 아니라 THC, PM, CO, CO₂ 등의 규제가 불가피할 것이므로 동시에 이를 제거할 수 있는 기술 개발 및 정책지원이 반드시 필요하다.

육상 디젤자동차 연구에서는 이미 배출된 매연과 입자상물질을 75% 이상 줄이는 후처리기술로 매연여과장치(DPF(Diesel Particulate Filter) 혹은 CDPF(Catalyzed DPF))가 실용화된 바 있다. 또한, CO, HC의 처리효율이 우수하고 장치가 간단하여 저렴한 디젤산화촉매장치(DOC, Diesel Oxidation Catalyst)도 개발되었다. (McArragher[1999]) 미래기술로는 압축 초기에 연료를 분사하여 충분한 혼합을 유도한 후 압축 과정시 자연 발화를 일으키는 시스템으로 HCC(Homogeneous Charged Combustion) 시스템의 개발도 선박용 엔진에서 발생하는 대기오염물질을 제어하는 중요한 기술이 될 수 있을 것이다.

한편, MARPOL 부속서 6 - 선박으로부터의 대기오염 방지를 위한 규칙이 2005년 5월 19일에 발효될 것을 대비하여 국내에서 이를 규제하기 위한 법령의 준비가 필요할 것이다.

이 법안에는 육상 레저용 유람선 등은 해양에서 운항하지 않기 때문에 포함되지 않을지도 모른다. 물론 육상의 대기환경보전법에서도 육상의 자동차 등 엔진에 대하여 세밀하게 규제하는 것과는 대조적으로 이에 대한 규제가 전혀 없고, 다만 수질과 폐기물 분야에서 폐유 및 오수분뇨를 분리수거하여 환경오염 부하를 줄이고 있다. 그러나, 육상 레저용 유람선 등은 규제에 대한 책임 소재가 애매모호하고, 육상에서 운행하는 자동차 등에 비해 차지하는 비율이 낮지만, 인간생활과 가장 근접부에서 오염물이 배출되는 것이므로 어떤 형태로든 규제가 되어야 할 것이다. 독일 라인강의 예를 들면, Table 1에서 확인했듯이 독일 선급협회 GL에서 채택한 IMO 규제기준보다 한층 더 낮은 9.2 g/kWh 로 규제되고 있다.

만약 국내에서 내륙에서 운항되는 유람선 등에 대한 규제를 할 경우, 환경부보다는 해양수산부 관할 하에 특정 조항으로 육상용 유람선 등의 선박엔진 규제가 이루어져 할 것이라고 사료된다. 이는 육상용 유람선 엔진이 환경부 관할이 될 경우 규제 기준 및 검정·검사에 대한 모든 규정을 개정하는 것이 상당히 번거로운 작

업이 될 것이며, 번거로운 작업의 결과는 해양수산부의 다른 선박에 대한 법령과 중복되기 때문에 비효율적이기 때문이다.

4. 결 론

본 연구에서는 MARPOL 부속서 6의 발효에 대비하여 국내 엔진 제작사의 NOx 배출 저감기술 이용 현황, IMO 규제기준과 세계 각국의 규제기준 비교 및 향후 규제기준을 예측해 보고 대응 방안을 고찰하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 현재 국내 엔진 제작사에서는 Low NOx Fuel Nozzle 및 연료 분사시기 조정 등의 엔진 개량을 통한 NOx 저감 기술을 주로 도입하고 있으며, 국내에서 제작되는 엔진의 NOx 발생량은 IMO 규제기준을 모두 만족한다.

(2) 향후 NOx 규제 기준은 점점 더 강화될 것이고 THC, PM, CO, CO₂ 등의 대기오염물질의 추가적인 규제가 예상되므로, 국내 엔진 제작사는 국제적 경쟁력을 확보하기 위해 NOx 저감효율이 높은 EGR, DWI 등의 1차 처리기술과 SCR 등의 후처리기술 및 기타 대기오염물질 저감 기술(DPF/CDPF, DOC, HCC)의 개발과 더불어 국제적인 정책 동향을 잘 파악해야 한다.

(3) NOx 배출량 규제를 위한 법령의 제·개정시 내륙에서 운항되는 유람선 등의 선박 엔진에 대한 논의가 필요하며, 해양수산부를 비롯하여 국내 관련 행정당국은 선박과 해양시설에서 발생하는 대기오염을 제어하기 위한 연구개발을 정책적으로 적극 지원해야 할 것이다.

후 기

본 논문은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소의 기본연구사업으로 수행 중인 “차세대 친환경 해양운송시스템 기반 기술 개발”의 연구 성과중의 일부임을 밝혀둔다.

참고문헌

- [1] 강국진, 김상현, 김은찬, 2001, “국내 선박 엔진의 NOx 배출 현황 및 저감기술 개발에 관한 고찰”, 한국해양환경학회지, 제7권 제2호, 57-63.
- [2] 송영훈 등, 2001, 선박용 암모니아 SCR 탈질시스템 시연회 및 특별 강연회 발표자료, 한국기계연구원.
- [3] 환경부, 2000, 환경백서, 환경부, 245-247.
- [4] 환경부, 2003, 환경통계연감, 환경부, 110.
- [5] 한국해양연구원 해양시스템안전연구소, 2003, 선박의 질소산화물 배출량 저감운전방법 세미나 I - 현대중공업(이재우), HSD(진상협), STX(김현규), 대우중합기계(이진호) 발표자료.
- [6] IMO(International Maritime Organization), 2004, “Air pollution rules to enter into force in 2005”, IMO briefing.
- [7] IMO(International Maritime Organization), 1998, “Protocol of 1997 to amend MARPOL 73/78, Annex VI of MARPOL 73/78 and Final act of the 1997 MARPOL conference and Technical code on control of emission of NOx from marine diesel engines”, IMO-664E.
- [8] McArragher J.S., *et al.*, 1999, “Fuel quality, vehicle technology and their interaction”, CONCAWE report No. 99/55, CONAWE Brussels.
- [9] U.S. EPA, 2004, “Protection of environment, Control of emissions from marine compression-ignition engines - General provisions for emission regulations for compression-ignition marine engines”, 40e-CFRpart94.
- [10] 關西造船協會, 2002, “主機の環境對策(1) - 大氣汚染物質の排出實態と規制の動向”, 第57號, 1-5.

2004년 8월 17일 원고접수

2004년 10월 11일 수정본 채택