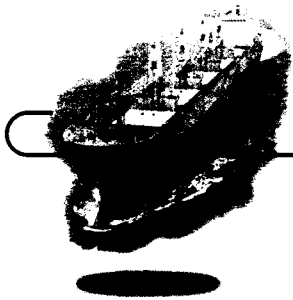


# 선박용 디젤기관의 대기공해

## Air Pollution and IMO Legislation on Marine Diesel Engines



朴 泰 仁\*  
Park, Tae In



### 1. 머리말

본 고에서는 디젤기관에서 배출되는 유해성분에 대한 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO)의 규제기준 제정 배경과 급후 국내외적으로 대비하기 위한 기술 동향을 중심으로 엔진에서의 유해 배기가스저감 기술에 대해 정리하여 본다.

디젤기관 기술은 100여 년이 지난 지금도 발전을 거듭하여 원동기로서 선박 주 기관, 대형 선박용 발전기, 육상용 발전기 등 그 용도가 다양하게 활용되고, 또한 수 마력에서 수만 마력 이상의 큰 출력 범위의 엔진을 생산할 수 있고, 이러한 특성 때문에 특히 지난 50년간에 걸쳐서는 C중유의 실용화, 배기 터빈 과급에 의한 고 출력화, 대형화, 오일 속크에 의한省油에너지 시대에 들어 고 열효율화 와 초 저질유의 실용화 등 끊임없는 연구개발에 의한 기술혁신이 이루어져 왔다. 이러한 노력으로 선박용 디젤기관은 열기관으로서 가장 열효율이 우수하고 또한 내구성, 신뢰성이 우수하고, 초 저질유나 가스 연료에 이르기까지 다양한 연료의 사용이 용이하고, 또 환경친화성에 대한 개선 등의 노력이 계속되고 있어, 종래 형식의 선박의 추진기관으로서 디젤기관의 다른 원동기에 대한 우수성은 21세기에도 지속될 것으로 확신한다. 그러나 연료 소비율 개선을 위해 채용된 고온 사이클 및 저속 회전등은 배기가스 중의 질소산화물(NOx) 농도를 증가시키고 또 병커연료의 유황성분으로 인한 유황산화물(SOx)농도도 증가하고 있는 추세는 대기공해 문제로 부각되면서 국제기구에서 유해가스성분의 배출 규제방향으로 정리되고 있다. 1980년대 후반에는 유가의 안정세에 엔진에 관한 기술개발은 주로 신뢰성 향상과 주요 부품의 내구성 향상 방향으로 연구가 진행되어 왔다. 그러나 1990년대 들어서 대기환경 문제가 크게 대두

\*선박기계기술사,  
한국기계연구원 엔진환경연구부.

되면서 석유를 주 연료로 사용하는 디젤기관에는 배기가스에 함유된 유해성분의 대폭적인 저감에 대한 필요성은 엔진의 연소성능 개선 등의 기술개발 노력으로 이를 대비하여야 할 것이다.

본 고에서는 디젤기관에서 배출되는 유해성분에 대한 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO)의 규제기준 제정 배경과 금후 국내외적으로 대비하기 위한 기술 동향을 중심으로 엔진에서의 유해 배기가스저감 기술에 대해 정리하여 본다.

## 2. 대기공해와 규제

### 2.1 IMO 규제 동향

세계 여러 선진국 등이 세계 각지에 심각한 피해를 초래한 산성비의 영향에 대한 조사가 진행됨에 따라 산성비는 그 발원지로 부터 먼 국경을 넘는 지역에도 降下하는 성질이 있다는 것이 보고되고, 장거리를 이동하는 대기오염 문제로서 취급해야 한다는 국제적인 인식이 성숙되면서 선박에서의 배기가스에 대해서도 대기오염원으로 다양하게 조사되게 되었다. IMO산하의 해양환경보전위원회(Marine Environmental Protection Committee, 이하 MEPC) 제29회 회의에 노르웨이가 제출했던 "Exhaust Gas Emission from International Marine Transport"라는 보고서에 의하면, 각국의 국제 해상수송에서만 배출하는 窒素산화물, 유황산화물의 양은 지구전체의 배출량에 각각 7%, 4%를 차지하고, 선박에서의 배기가스도 지구의 대기오염에 영향을 주고 있다고 보고되었다. 종전까지만 하여도 선박에서의 오염문제는 연료, 빌지 등의 선외 유출물에 의한 바다의 오염 문제로만 한정된 것으로 인식되어 IMO의 MARPOL 규약에 의해 규제 되어 왔으나, 지난 1988년 노르웨이가 처음으로 선박의 대기 공해

문제를 IMO 회의에 제기함으로써 그 이후 북구 주위 국가중심으로 아시아에서는 일본이 참여하여 규제기준과 적용시기가 성안되어 검토되었고 그 안이 확정되었다. 따라서 선박용 디젤기관도 대기오염원으로서 무시할 수 없게 되었으며 IMO에서는 디젤기관의 배기가스중의 배기 유해물인 NOx 및 SOx배출에 대한 규제가 깊이 논의되어 2000년 1월부터 건조되는 신조선부터 NOx에 대한 규제가 되는 것으로 확정되었다.

또한 최근에 지구온난화로 전세계적으로 이상 기후현상이 나타나고 금년에는 우리나라도 직접 그 피해를 본 국가 중의 하나로 되었다. 지구온난화의 주요 요인은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)에 의하며, 정부는 이와 관련해서 지난 9월에 온실가스 배출감축의무를 규정한 「교토 의정서」에 서명한 것으로 보도되었다. 우리 나라는 에너지를 거의 화석연료에 의존하고 소비량도 증가하고 있어서 CO<sub>2</sub> 배출량 증가량이 연평균 5.3%에 달한다고 한다. 이러한 추세를 볼 때 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 규제도 가까운 장래에 시행될 것으로 예상되어진다.

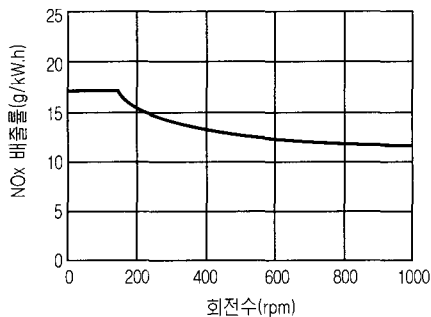
따라서 환경의 질 개선 문제는 인류 생존과 생태계 파괴 등 심각한 문제를 제기하고 있어, 대기환경오염에 기여하는 선박용 디젤기관의 유해 배출가스의 저감 문제는 시급히 해결하여야 할 과제이다. 이와 관련하여 선진공업국의 계산된 오랜 논의 과정을 거쳐 선박에서의 NOx 배출 규제기준이 합의되고 2000년 1월 1일 부터 시행되는 것으로 1997년 7월 영국 런던에서 개최되었던 IMO 회의서 확정되었다. 그 규제기준은 <그림1>과 같이 기관의 회전수를 기준으로 저속회전 영역인 130rpm이하에서는 17g/Kw·h, 고회전 영역에서는 약 10g/Kw·h, 의 값으로 되어 있다.

SOx에 대해서는 아직 그 규제시기와 규제 안이 확정되지 않았으나, 광역규제와 지역규제의 두 가지 방법이 검토되어 왔다. 광역 규제안으로는 유황

## 특 집 II

분을 최대 3.5%로 제안하는 그룹과 홍콩같이 중간급유가 주로 행하여지는 국가에서는 5% 상한치를 주장하는 의견도 있어 아직 결론을 내리지 못하고 있다. 한편, 지역규제의 필요성에 대해서는 대략 1.5%를 지지하고 있다. 또한 지역규제대상이 되는 특별해역에 대해서는 유럽의 여러 나라들은 북해, 발트해를 대상해역으로 생각하고 있다. 그러나 이는 각국이 자기 마음대로 설정하는 것이 아니고 관련국의 동의와 IMO의 승인 필요할 것이다.

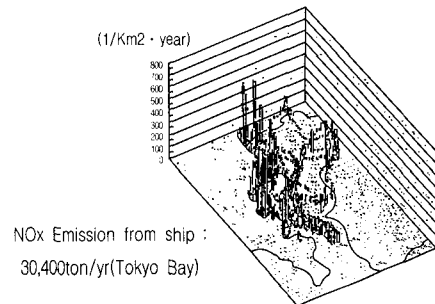
CO<sub>2</sub>에 대한 규제는 영국이 제안하였으나 아직 토의가 계속되고 있으며 가까운 장래에 결론이 날 것으로 생각된다. 배기가스의 측정방법은 ISO기준을 따르는 것을 원칙으로 하고 측정방법 상세 사항, 특히 선박의 정기검사 및 중간검사 시에 필요한 선상에서의 NO<sub>x</sub> 측정방법은 앞으로의 실적과, 측정기기의 정도, 신뢰성 등 기술적으로 검토되어야 한다는데 합의하였다. 대상 엔진은 출력이 100kW 이상의 디젤기관으로 검토하고 있다. SO<sub>x</sub>는 연료유에 함유된 유황분이 SO<sub>x</sub>로 변화하여 엔진에서 배출되기 때문에 기본적으로 연료를 규제하는 것으로 합의되었다. 이를 위해 선박에 사용되는 연료에 유황분의 최대 허용치를 제한하는 방침이 합의된다 하여도 각국의 이해와 맞물려서 합의되지 않으면 안 된다. 또 선박에서의 배기가스의 영향이 큰 특별해역의 설정기준도 아직 심의 중이다.



〈그림 1〉 Max, allowable NOx emission for marine diesel engines of IMO

## 2.2 선진국의 배기가스 지역규제

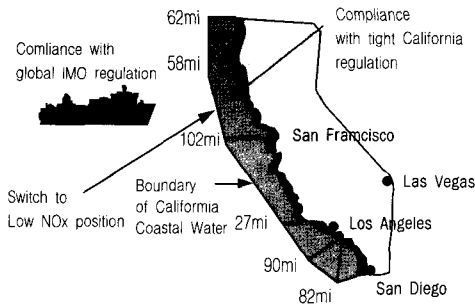
선박이 공해 상을 운항할 때 기관의 배기가스 배출 문제는 IMO의 규제기준에 적용되고, 각 국가의 연안을 운항하게 되면 IMO 규제기준 보다 더 엄격한 해당 국가의 국내 규제기준에 적용하는 방향으로 그 추세가 기울고 있다. 이를 위해 이미 유럽 국가들과 일본, 미국 등은 자국 연안의 대기환경 보호를 위해 선박의 출입항이 빈번한 항만과 내수로 부근의 해안에 선박에서의 구체적인 대기오염상태를 조사하였고 그리고 선박에서의 배기가스 배출특성은 선박이 운항하는 환경이 기상·해상, 운항모드 등에 의해 육상 운전시와는 다른 배출특성을 가지고 있어 이를 조사하여 그 기술개발로 대비하였고, 연소가스 확산상태를 OCD(Off-shore Coastal Dispersion) 모델로서 이론적 추정도 동시에 수행하였다. 〈그림 2〉는 일본의 동경 만에서의 선박으로부터 NO<sub>x</sub> 배출량을 예측한 것이다.



〈그림 2〉 Prediction of NO<sub>x</sub> emission at Tokyo Bay

현재 미국은 〈그림 3〉과 같이 서해안에 구역을 설정하여, IMO 규제치 보다 더 엄격한 CARB (California Air Resources Board)에 따른 배출규제에 적용되는 것으로 알고 있다.

이러한 규제와 관련하여 1990년에는 국내 현대중공업(주)에서 건조된 30,000톤급 수출 선에 de-N<sub>0</sub>x 시스템을 설치하여 인도한 것이 전 세계적으로 그 효시인 것이다.



<그림 3> Strategies to comply with potential tight regional NOx legislation

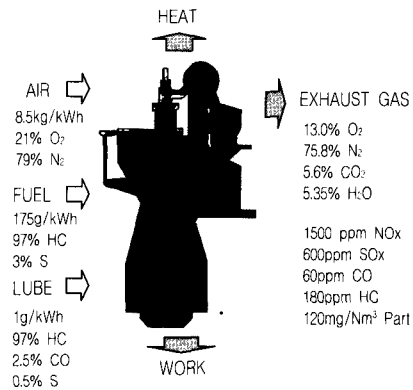
### 3. 디젤기관의 배기 유해배출물의 생성

디젤연소의 특징은 기본적으로 고온고압 분위에서의 공기 과잉 확산연소로 비교적 높은 사이클 효율을 얻기 위하여 연소시간이 짧다. 사용 연료는 고속기관에는 경유나 A중유이고 중·저속 기관에서는 중유가 주로 사용되고 C 중유나 저질유도 사용 되어 연료유 중에는 유황과 질소 성분이 함유되어 있다.

<그림 4>는 대형 저속 선박용 디젤기관의 연소가스의 배출을 나타내며, 연소배기물 중에는 NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, HC, CO, 매연미립자, SO<sub>x</sub> 등의 유해성분이 배출된다. 여기서 NO<sub>x</sub>는 효율이 높은 디젤기관의 고온연소 영역에서 산소와 질소가 반응을 일으켜서 생성되며, 초기에는 NO로 생성되었다가 연소의 팽창과정과 배기 과정에서 NO의 일부는 NO<sub>2</sub>와 N<sub>2</sub>O로 변하고 이들을 NO<sub>x</sub>라고 총칭한다.

이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 기본적으로 연료 중 탄화수소 성분이 연소되면 CO<sub>2</sub>와 수증기가 생성된다. 탄산가스는 인체에는 해롭지 않으나 최근 온실효과에 크게 기여하여 지구규모의 문제로서 단기적으로 해결되어야 할 문제이다. 일산화탄소(CO)는 인체에 유해하며 그 생성은 산소과잉율과 연소온도에 관계된다. 2 행정 대형기관의 경우에는 산소농도가 높고 연소효율도 높아서 일산화탄소의 배

출이 아주 적으며 가연 가시므로 가능한 한 연소과정에서 제어될 수 있다. 매연(Smoke)은 일반적으로 선박용 기관에서는 매연배출은 극히 적은 양으로 거의 관심의 대상이 되지 않고 있다. SO<sub>x</sub>은 연료중의 유황성분으로 인하여 연소실에서도 그대로 존재하게 되고 이는 곧 산화되어 유황산화물로서 주로 SO<sub>2</sub> 및 SO<sub>3</sub>으로 구분되는데 그 비율은 대략 15 : 1 정도이다. 연소실에서 이러한 산화과정으로 연소실 주위의 부품의 부식을 초래하여 엔진의 내구성이나 신뢰성에 영향을 주기도 한다. 엔진에서의 SO<sub>x</sub>의 배출은 연료에서 유황 함유량에 관계되어 연료에서 S성분을 줄이거나 배기가스를 후처리장치에 의한 여과로 SO<sub>x</sub>량을 저감하거나 또는 동일한 방법으로 전부 제거할 수도 있다.



<그림 4> Typical emissions form low speed diesel engines(자료: NAN B & W diesel course 96)

### 4. 배기 유해배출물 저감기술

현재 선박용 디젤기관의 배기 유해 성분으로서 가장 문제가 되는 것은 NO<sub>x</sub>와 SO<sub>x</sub>이며 SO<sub>x</sub>는 연료유 처리공정에서 해결될 문제이므로 이후부터는 NO<sub>x</sub>의 저감을 중심으로 검토하여야 본다. 특히 대형 디젤기관에서는 NO<sub>x</sub>의 생성은 고온연소 영역에서 이루어지고 있어 이를 저감하기 위해서는 고온연소 영역에서의 산소농도의 저감과

연소화염온도를 낮추는 연소제어방법이 이상적이나 이는 열효율이 악화된다.

대형 디젤기관에서의 NOx를 저감하는 기술을 대별하면 2가지 방법으로 정리될 수 있다. 즉 연소실내 연소과정에서 연소가스의 온도를 낮추는 방법으로서, 연료분사시기지연, 배기가스재순환(EGR, Exhaust Gas Recirculation), 물 분사 등의 방법이 있으며, 이들 단일 기술을 효율적으로 복합하여 NOx 저감을 시도하고 있고, 또 물에밀전 연료(Water Emulsified Fuel)기술도 채용되고 있다.

다른 방법은 후처리방법으로서 디젤기관에 SCR(Selective Catalytic Reduction, 선택 접촉 환원법)장치를 채용하여 배기가스가 암모니아가스와 혼합되어 반응을 일으키면 90%이상의 NOx를 제거하고 또 SCR 반응기에 의해 배기가스 중에 있는 Soot나 HC도 산화작용에 의해 없어진다.

#### 4.1 연소과정에서 NOx의 생성과 제어

연소 화염중의 NOx의 생성에 대해서 간단히 알아보면, NOx는 Thermal NOx와 Fuel NOx로 대별되며, 더욱이 Thermal NOx는 Zeldovich 기구로 설명되는 것과 연료과잉 화염중에서 급격히 발생하는 Prompt NOx로 구별할 수가 있다. Thermal NOx는 화염영역의 온도, 산소농도에 현저하게 영향을 받는다. 더욱이 고온 화염중의 체류시간이 길어지면 생성농도는 높아진다. 저속 디젤기관에서는 C중유를 사용하기 때문에 연료중의 질소성분에서 생기는 Fuel NOx도 생긴다. 디젤기관의 화염상태는 확산화염이며 디젤기관의 연소영역은 거의 이론 혼합비에 가깝기 때문에 공기과잉측에서는 NOx는 감소되지 않고 연료과잉측으로 감에 따라 NOx 배출량의 감소가 보여진다.

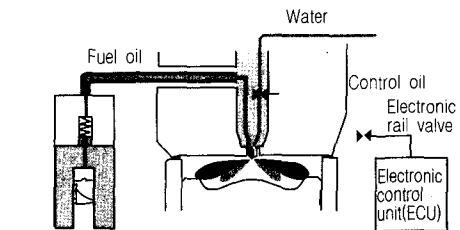
이상의 연소기구로부터 디젤기관의 배기가스 중에서 NOx를 저감하는데는 고온연소 영역에서의 산소농도 저감과 연소화염 온도를 저하시켜야 하나 회전수가 낮은 디젤엔진에서는 출력증가에 따라 저 연비가 가장 중요하나 연비와 NOx와의 Trade-off 관계가 있어 어느 정도의 NOx치를 엔진 측에서 해결하고 규제기준의 정도에 따라서는 탈질 기술(De-NOx)에 의한 후처리장치를 부가하여 규제치에 대처해야 할 것이다. 저 NOx화 기술에는 대체연료를 위시하여 물에밀전, 물 분사 등 많은 연구보고가 되고 있으나 여기에서는 중·대형 디젤기관의 연소과정에서 NOx를 저감하는 대표적인 방법에 대하여 검토하기로 한다.

#### 4.1.1 배기가스 재순환

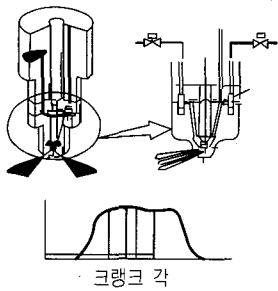
EGR기술은 배기가스의 일부를 흡기 측에 재순환시켜 실린더 내 급기 중의 산소의 분압을 내려 최고 연소 가스 온도를 저하시켜 NOx의 생성을 억제하는 방법이다. 시스템이 비교적 간단하여 초기 설치비용이 경제적이고 NOx를 60% 정도 저감하는 우수한 효과에 비하여 열효율의 저하와 순환가스중의 매연미립자로 인하여 흡·배기 계의 오손과 부식 등의 원인이 되는 문제가 있어 이의 대책에 대한 연구가 당면 과제이다.

#### 4.1.2 물 분사

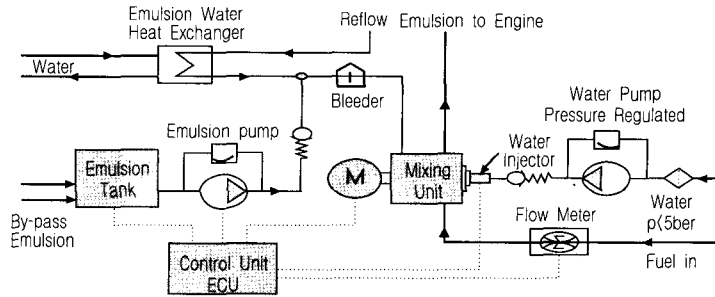
기관의 흡기계통이나 <그림 5>와 같이 실린더



<그림 5> Schematics of water injection system  
(자료: Wastilla 사)



〈그림 6〉 Stratified water fuel injection



〈그림 7〉 Schematic diagram of emulsion system(자료: 스위스 HDC사)

내로 직접 물을 분사하여 급기를 가습하면 연소 가스온도가 상당히 내려갈 수 있으며 이로 인하여 NOx의 생성이 억제될 수 있다. 그러나 물 분사를 하면 실린더 내에서 수증기 분압이 상승하고 황산의 노점이 높게 되고 실린더 라이너, 피스톤링, 흡·배기 밸브 등 연소실 주위 부품에 손상이 생긴다. 이는 물 분사의 가장 큰 단점으로 작용한다.

이러한 난점을 해결하는 것이 앞으로 과제로서 〈그림 6〉과 같이 연료밸브로 연료분사 중에 물을 층상으로 분사하는 기술이 이의 대안이 될 것으로 최근 대형 디젤기관의 NOx저감을 위해 동 기술의 개발이 진행되고 있으며 상당한 효과가 있어 급후 대형 디젤기관의 NOx 저감에 주요 대책이 될 것으로 판단된다.

#### 4.1.3 에멀전 연료 연소

에멀전 연료라 함은 물과 연료를 적정한 비율로 乳化시킨 연료를 말하며, 이를 연소실 내에 분사하면 에멀전 연료 중의 수분이 급격히 증발해 그 과정에서의 기화잠열로 인하여 화염주위의 가스온도가 저하한다.

또한 분무연료의 미세폭팔(Micro-Explosion)효과로 분무의 분산과 液滴의 微粒化가 촉진되어 공기와 연료의 혼합이 향상되어 NOx 생성을 억제시킬 뿐만 아니라 매연미립자의 생성을 억제하는 효과와 연소성능이 향상되는 효과도 있다. 유화

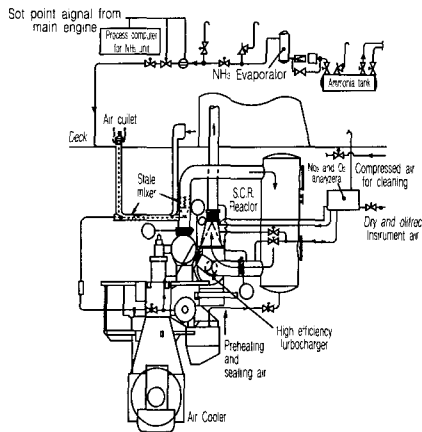
(Emulsion)장치는 〈그림 7〉과 같이 펌프, 가열기, 필터, 점도계, Homogenizer 등으로 구성되며 이미 외국의 경우 실용화되어 실제 선박용 엔진에 탑재된 예도 있으며 NOx저감 효과에 있어서 유효한 방법으로 평가되어 앞으로 선박의 NOx 저감에 많이 활용 될것이다.

#### 4.2 후처리방법에 의한 NOx 저감기술

배기가스로부터 NOx의 저감이 대폭적으로 필요하면 배기가스 후처리 시스템인 SCR방법이 효과적이다. 이는 디젤기관에서 배출된 NOx를 암모니아에서 질소와 물로 환원해서 배출하는 방법이다. 즉 NOx를 포함한 배기가스 중에 암모니아(NH3)를 첨가하여 균일하게 혼합한 후 반응기에 이끌어 드려 300~400℃의 온도에서 탈질 촉매와 접촉시키므로써 배기 가스 중의 NOx를 NH3과 선택적으로 반응시켜 무해한 질소(N2)와 수증기(H2O)로 분해하는 방법이다.

SCR법은 90%이상의 NOx을 저감이 할 수 있는 것이 장점이나 시스템이 방대하고 복잡하여 초기 투자부담이 크다. 상용화에는 암모니아의 공급체제, 취급, 촉매의 수명, 경량 폼팩트화, 안전성, 가격 등에 대한 연구가 필요하다.

〈그림 8〉은 우리 나라에서 세계 처음으로 현대중공업이 건조한 철강 수송선 4척에 CARB 규제에 대응이 가능하도록 De-NOx시스템을 도입하여 설치된 시스템이다. 반응기, 촉매, 암모니아



〈그림 8〉 Layout of De-NOx system

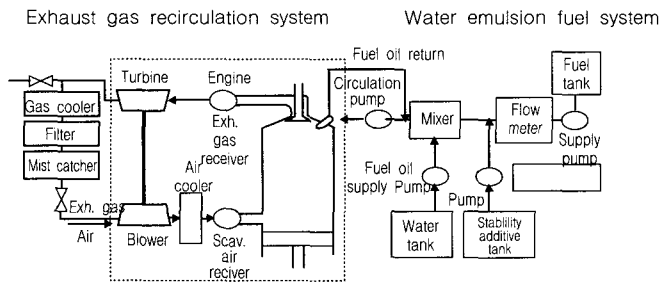
공급장치, 감시·경보장치 등이 전체시스템으로서 대폭적으로 콤팩트, 경량화가 요구된다.

## 5. 선박용 대형디젤기관에의 적용기술

### 5.1 국내의 기술개발 동향

일본의 Mitsubishi사는 〈그림 6〉과 같이 분사 노즐로 물과 연료를 증상으로 분사하는 시스템 기술을 개발하여 NOx의 배출량을 현재 수준보다 80%정도 저감하는 효과를 얻었다고 발표되고 있다. 또 Kawasaki사는 〈그림 9〉와 같이 대형 디젤기관의 NOx 배출을 저감하기 위해 EGR 기술과 에멀전 연료 분사기술을 복합하여 실선 실험해 왔으며 NOx가 약 70%이상 저감되는 것으로 보고되고 있다. 그리고 유럽의 MAN B&W 사도 앞에서 소개된 단일 기술들을 각기 개발하

여 그 기술들을 유효하게 복합하여 연료소비율과 의 최적 조건을 도출하기 위한 운용하는 방법을 제시하고 있으며, 핀란드의 Wastilla사는 중형 디젤기관에 물 분사기술을 도입하여 현재의 규제 수준을 만족하는 기술을 개발하는 등 대부분의 선진 공업국은 이미 이들 기술이 개발 완료단계에서 IMO규정의 적용에 대한 준비가 되어 있다. 국내에서는 한국기계연구원이 산업용 디젤기관에 EGR기술을 적용하여 배기가스 배출특성에 관한 연구를 완료하였으며, NOx가 약 60%이상 저감되고 EGR에 의한 NOx의 저감이 효율적이라고 파악되었다. 또 한편으로는 배기가스중의 수분을 응축시켜 물을 흡기에 분사하여 NOx의 저감에 관한 실험연구를 통하여 그 효과가 매우 효율적인 기술로 확인되었다. 현재는 에멀전 연료의 시스템 국산화에 관한 2 차년도 연구가 (주) 화인과 공동으로 수행하고 있으며 이는 물과 연료의 유화방법을 기계식과 유체의 분유에너지를 이용한 복합방식으로 혼합 최종단계에서는 유동의 공동현상이 유발되어 유화를 더 미세화하고 촉진하는 구조로 설계되어 1999년 8월로 시제품개발이 완성되는 것으로 추진되고 있다. 한편 이산화탄소에 의한 온실가스 문제도 해결 될 수 있는 방안으로 CO2는 열용량이 크기 때문에 연소실의 연소 온도를 제어 할 수 있는 특성을 착안하여 배기가스중의 CO2를 분리하여 엔진의 흡기에 순환시켜 NOx의 저감을 꾀하고 또 그 잉여량을 응



〈그림 9〉 Combination System with EGR and Water Emulsion

축시켜 저장하는 시스템을 개발하는 연구가 진행 중에 있다.

## 5.2 적용기술의 평가

현재 디젤연소의 제어에 의한 NO<sub>x</sub>저감 기술은 아직 완전하다고 말할 수 없으며 계속 그 개선의 여지가 많다고 한다. 따라서 연소 현상의 규명이 상당히 중요하고 이에 근거하여 합리적인 혼합기의 형성방법이나 새로운 연소시스템의 개발이 앞으로의 과제로 본다. IMO와 각국의 규제기준을 대비하기 위한 NO<sub>x</sub>저감 기술을 검토하면 대형 디젤기관이 공해 상에서 운항될 때에는 앞에서 소개된 단일기술을 복합하여 연료소비율과의 최적조건을 고려한 시스템을 활용하여야 할 것이며 미국 등 IMO규제기준보다 더 엄격한 기준에 대비하기 위해서는 SCR법 외에 물 분사, 에멀전 연료 연소, EGR 기술 등 적용이 효과적이라고 판단된다. 그러나 SCR법은 아직 초기 실용화 단계에 있으나, 장치의 초기투자비가 크고 또 암모니아 가스의 계속적인 공급 문제와 안전성 및 콤팩트화 등의 문제가 해결되어야 하며 선박운항경제 측면에서도 검토의 여지가 많다고 본다. 따라서 에멀전 기술과 증상 물 연료분사기술은 엔진의 주요부품의 부식 등 문제가 해결된다는 기술보고를 감안하면 현재 수준의 규제기준의 범위에서는 선박운항 경제성이나 시스템의 초기투자 등의 면에서 그 적용이 용이할것으로 판단되며 EGR기술과 복합한 시스템기술을 개발하면 지역규제 기준의 접근도 가능할 것으로 생각된다. 따라서 설치비와 운용비가 고가인 SCR 장치의 대안이 될 수 있다.

## 6. 맺는 말

선박에서의 배기가스배출이 북해와 발틱해와 같은 주위해역에 비하면 정도의 차이는 있으나 지구

의 대기오염에 상당한 영향을 주고 있다는 사실이 조사되었고, 이를 토대로 대기오염방지에 관한 배출 기준안이 마련되어 MARPOL 73/78 조약의 신 부속서로 채택되고 2000년 1월 1일로 부터 발효되는 것으로 확정되었다. 확정된 IMO의 배출기준·규제와 각국의 지역규제기준이 현재의 대책기술로는 국가별로 차이는 있으나 대응하기에 곤란하다고 생각되는 부분도 있지만 선박이 앞으로도 해양 물류수단의 주도적 역할을 확보·유지하기 위해서는 어떻게 해서라도 극복해야 할 과제이다. 과거 오일쇼크에 의한 연료가격 상승에 대해서 해운·조선 및 관련업계는 새로운 선형개발, 省에너지 기관, 기기 개발 등 기술을 개발함으로써 외적인 난관을 극복해 왔다. 또 다시 국제사회환경의 변화로 해운·선박업계가 환경공해와 관련한 도전에 직면하게 되겠지만 유럽 및 일본 등 조선·해양 선진국은 이미 수년 전부터 공해방지 기술이 개발되어 IMO의 대기공해 규제가 발효시점에 맞추어 준비가 되어 있다고 한다. 우리 나라는 세계 1~2위를 가름하는 조선 및 대형 디젤기관 생산국 이면서도 환경관련 기술개발 등에 노력이 부족한 점을 생각하면 또다시 우리는 이러한 기술을 선진 공업국에 의존하여야 하는가 하는 걱정이 된다. 이는 당면문제로 때늦은 감은 있으나 하루 빨리 선박용 디젤기관의 환경오염 유해물인 NO<sub>x</sub>의 저감을 위한 기술 개발과 또한 IMO에서 지구 온난화에 대한 규제를 당분간은 미루어 왔으나 금년 이상기후를 우리가 체험하였고 세계기후회의에서 CO<sub>2</sub>에 대한 「교토 의정서」에 서명하는 등의 일련의 상황을 판단하면 IMO의 후속규제가 예상외로 빨리 진전 될 것으로 인지되며, 이는 CO<sub>2</sub>배출에 대한 연구도 적극적으로 추진되어야 할 것이며, 선진국이 이미 준비한 자국내 환경보호구역을 설정한 것과 같이 우리의 연안해역의 환경을 보호하기 위한 규제기준 제정과 구역 설정을 위한 대책이



## 특 집 II

화급하다. 본고는 대한조선학회지에 게재될 원고를 일부 보완하였음을 밝힌다.

(원고 접수일 1998. 11. 09)

### 참고문헌

- [1] A. Lqwsomand, et al, "Modified Fuel for Diesel engines by Application of Unstabilized Emulsions", SAE, 790925 Report
- [2] 中野眞三 外, 乳化燃料液滴の燃焼におけるすす生成にする研究, 日本舶用機関學會誌 第15卷 第5號, 1980. 5
- [3] Report on Performance Combustion Characteristics and Exhaust Emission of a Direct Injection Engine Using Water/Oil Emulsions as Fuel, North Carolina State University, 1985. 6
- [4] 박태인, "선박용 디젤기관과 환경 대책", 한국박용기관학회지, 제15권 제4호, pp257~264, 1991
- [5] 塚原 實 外, "乳化燃料駆動デ イセル機関の性能に及ぼす單口ホルノスルの噴口徑の影響", 日本機械學會論文集, 第57卷 542號 (1991-10)
- [6] 西川和美 外, "エマルシ ヨン燃料によるNOx, ス-モクの低減", Journal of the M.E.S.J., Vol. 26 NO. 9, 1991. 1. 9
- [7] 연구보고서, "대기공해방지기의 연료자동조절장치 개발연구", 한국에너지기술연구소, 1992. 12
- [8] 檀上裕二, "船舶에서 大氣汚染問題에 관한 最近의 動向과 汚染防止技術", 日本海士協會誌, NO. 220, pp196-209, 1992
- [9] A.Veiji, W.Remmels and R-M, Schmit, "Water to reduce NOx emissions in diesel engines", CIMAC, 1995
- [10] H.Miyano, et al, "The ship test for low-NOx by stratified fuel-water injection system", CIMAC, 1995
- [11] Kenichi Sojoda, et al, "Design Study and Analysis of a Shipboard NOx Reduction Plant", Bulletin of the M.E.S.J., Vol. 23, No.1, pp 28~35, 1995
- [12] 박태인 외, "물분사식 매연미립자 여과기를 이용한 디젤기관 EGR시스템의 특성변화 연구", 한국자동차공학회 춘계학술대회, 1995. 6. 23
- [13] MAN-B&W Diesel Course 96, MAN-B&W Korea Ltd, 1996
- [14] 박권하, 박태인, "물혼합연료 및 EGR의 조합에 의한 디젤기관의 질소산화물과 매연미립자 동시저감 기술에 관한 연구", 한국박용기관학회지, 제21권 제4호, 1997.
- [15] 연구보고서, "산업용 디젤엔진 연소시스템의 탈질기술 개발에 관한 연구", 한국기계연구원, 통상산업부, 1996. 8
- [16] 김철순 외, "흡기 포트 내 물 분사에 의한 디젤 기관의 배기 유해물 배출 및 기관성능 변화에 관한 실험적 연구", 한국박용기관학회 춘계학술대회, pp. 47~52, 1998. 4. 25
- [17] 研究委員會報告書, "大型舶用デ イセル機関の 現状と 將來についての 調査 研究", 日本舶用機関學會, 平成9年7月
- [18] 研究委員會報告書, "燃料乳化による 排氣淨化に 關する 調査研究", 日本舶用機関學會, 平成9年7月
- [19] K.Park, T.I.Park, "INJECTION CHARACTERISTICS OF EMULIFIED FUEL AND THE EFFECTS OF EGR AND EMULSIFIED FUEL ON DIESEL COMBUSTION", Proceedings of the 22nd CIMAC International Congress on Combustion Engines, pp. 867~877, May 1998 의 8