

IMO의 대기오염규제에 따른 기술적

대응전략에 관한 연구

A Study on the Technical Strategy on the IMO

Air Pollution Prevention

1996 . 4 . 20

한국선급협회 정부대행검사부

김 종 헌



# IMO의 대기오염규제에 따른 기술적 대응전략에 관한 연구

김 종 현

## A Study on the Technical Strategy on the IMO Air Pollution Prevention

J. H. Kim

**Key-words** : Air pollution prevention convention(대기오염방지협약), SO<sub>x</sub>(황산화물), NO<sub>x</sub>(질소 산화물), De-NO<sub>x</sub> system(배기가스방출저감설비), Ozone depleting substance(오존파괴물질),

### Abstract

As conservation of global environment has becoming a major outstanding issue of the world, the International Maritime Organization(IMO) has been legislation a convention for prevention of air pollution from ships.

By the new convention, use of air pollutants such as SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Freon and Halon Gas shall be restricted.

In this regards, analysing these requirements of the convention is required as the convention will also be applied on restriction of discharging exhaust gases from ships by estblishing a requirement of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> discharged.

The purpose of this study is as follows ;

- 1) Introducing of the backgrounds of legislating the convention for prevention of air pollution from ships and major contents of the convention and a countermeasures on the convention by Korea
- 2) Reviewing by analyzing the influence on domestic industries concerned by restriction of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> in exhaust gases and sulphur content of fuel oil
- 3) Preparing a countermeasure on the convention properly

---

\* 정회원, (사)한국선급

## 1. 서 론

최근 지구환경보전 문제가 범세계적인 중대현안으로 대두됨에 따라 세계 각국과 국제전문기구들이 환경보호 입법활동을 통해 환경오염규제를 강화하고 있는데, 특히 오존층의 보호를 위하여 오존파괴 물질인 염화불화탄소(CFCs) 등 95종의 유해물질 생산과 사용을 규제하는 몬트리올 의정서를 비롯한 국제환경협약을 채택하고 있는 실정이다. 특히 1992년 6월의 유엔환경개발회의(UNCED)를 계기로 지구환경보전에 관한 관심이 고조되어, 국제해사기구(IMO)에서도 선박으로부터 대기오염 방지를 위한 협약을 제정하기 위한 결의를 채택하게 되었다.

1988년 9월 IMO 제26차 해양환경보호위원회(MEPC, Marine Environment Protection Committee)에서는 Norway의 제안으로 선박에 의하여 대기가 오염되는 것을 방지하기 위한 의제를 정식 의제로 포함시킴으로써, 선박에 의한 대기오염방지가 매우 중요한 문제로 부각되었다. 1990년 11월 제30차 MEPC 회의에서는 선박으로부터 대기오염방지를 위하여 선박용 냉장시스템에 사용하는 프레온계냉매(CFCs), 소화장치의 소화제로 사용되어온 할론(HALON)가스, 배기가스에 포함되어 있는 황산화물(SOx), 디젤기관과 보일러에서 주로 발생하는 질소산화물(NOx), 유탱커 및 캐미칼탱커의 화물로부터 발생하는 휘발성 유기화합물(VOCs) 그리고 소각기(Incinerator)에서 발생하는 오존층 파괴물질의 배출 상한치 및 규제 개시일을 총회의에서 검토하여, 1991년 11월 제17차 IMO 총회에서 결의안[Res.A. 719(17)]으로 채택하게 되었다.

또한 기술적 후속조치로 IMO에서는 1991년 9월 산적화학물(BCH) 소위원회에서 대기오염방지협약에 포함시켜야 할 상세항목들을 개발하여 이를 대기오염방지협약에 관한 기본적 모델<sup>(1)</sup>로 이용되게 되었다. 이를 토대로 1992년에서 1993년에 걸쳐 새로운 대기오염방지협약의 초안을 작성하게 되었고, 그후 연료유중에 포함된 유황 함유량에 관한 지구 전체 차원의 목표치와 특별해역 지정기준 등을 포함한 중요사항을 결정하게 되었으며, 1995년 9월에 개최된 IMO MEPC회의에서 일부사항을 제외하고 법적인 요건을 갖춘 대기오염방지협약이 제정되었다.

우리나라는 현재 세계 10위권의 해운국이며, 제1위의 조선국이며, IMO 이사국으로서 위와 같은 대기오염방지협약에 대하여 충분한 인식과 기술적이고도 법적인 대응을 하여야 할 입장에 있다. 따라서 본 논문에서는 우리나라의 선급 입장에서 박용 주기관 및 보조기관 제작회사, 해운회사, 선박기자재 생산회사, 기관보수회사 그리고 조선소들에 필요한 기술개발방향을 제시하고, 나아가 지구의 대기오염방지 차원에서 우리나라가 취하여야 할 거시적인 기술 대응 전략에 관하여 기술하고자 한다.

## 2. 대기오염방지협약

Table 1은 몬트리올의정서에서 오존파괴물질의 규제치를 정리하여 나타낸다. 단 이 표중

의 오존파괴지수는 현재의 기술적 상황에 근거한 추정치로서 금후도 수시로 검토되어 개정될 것이다. IMO에서는 대기오염방지협약을 현재의 해양오염방지협약에 추가하여 새로운 부속서인 MARPOL 73/78 Annex VI로 채택하기로 결정하였으며, 이 협약의 주요내용은 HALON 가스 및 CFCS계 냉매(일명 프레온가스) 등의 배출량을 일정 기준치 이하로 감소시키는 한편, 허용기준치 이상을 배출하는 400GT 이상의 모든 선박에 대하여 단계적으로 운항을 금지할 예정으로 되어 있다.

**Table 1 O<sub>3</sub> Depleting Substance according to the Montreal Protocol**

Group	Substance	O <sub>3</sub> Depleting Potential
Group I	CFC13 (CFC-11)	1.0
	CF2C2 (CFC-12)	1.0
	C2F2C13 (CFC-113)	0.8
	C2F4C12 (CFC-114)	1.0
	C2F5C1 (CFC-115)	0.6
Group II	CF2BrC1 (Halon-1211)	3.0
	CF3Br (Halon-1301)	10.0
	C2F4Br2 (Halon-2402)	Not fixed

대기오염방지협약은 선박에서 배출이 규제되는 오염유발물질에 관한 규칙, 선내소각기 및 오염물질 수용시설에 관한 규칙 그리고 체결국에서 발행하는 국제대기오염방지증서에 관한 규칙에 대한 내용으로 구성된다.

또한 선박의 운항과정에서 생성되거나 배출되는 대기오염물질 중에서 규제되는 물질의 종류는 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 할론가스(HALON), 염화불화탄소(CFCs) 및 휘발성 유기화합물(VOCs)로 대별된다. 적용대상 선박은 400 GT 이상으로 선박추진에 사용되는 주기관의 출력 합계가 1500 kW 이상인 모든 선박에 적용된다. 그러나 해상에서 선박의 안전확보 또는 인명구조의 목적 선박의 경우에는 비상발전기, 구명정 엔진 또는 비상시에만 사용하는 장비에 대하여는 적용이 제외된다.

국제대기오염방지증서는 대기오염방지협약에 규정되어 있는 여러 요건, 즉 선박에서 배출되는 대기오염물질을 저감하는데 사용되는 시설이나 장비, 시스템 등이 협약의 각 규칙에서 정한 요건에 일치하고 있는지 확인한 후, 체결국의 주무관청이나 권한을 위임받은 기관에서 국제대기오염방지증서를 교부하도록 되어 있다. 증서발급에 대한 사항은 동 협약 발효 12개월 후에

모든 신조선(New Ship)에 적용하도록 되어 있으며, 현존선(Exist Ship)에 대하여는 1999년 12월 31일 이후에 적용하며 증서의 유효기간은 발행일로부터 5년으로 하도록 되어 있다.

이하에서는 주요 대기오염방지물질의 규제에 대한 상세한 기술적 사항에 대하여 기술한다.

### (1) 질소산화물(NOx)

2000년 1월 1일 이후에 선박에 탑재되거나 주요 개조가 이루어지는 출력 100kW 이상의 주기관 및 보조기관으로 부터의 NOx 방출량은 기관의 회전수에 따라 분류되어 제한되며, 이 제한치를 만족하지 못할 경우에는 배기가스 정화장치 등을 별도로 설치하여 질소산화물의 방출 규제치를 만족하여야만 한다.

- ①저속엔진, (RPM 130이하) : 17 g/kWh
- ②중속엔진, (RPM 130~2000이하) :  $45 \times \text{RPM} \times 10^{-2}$  g/kWh
- ③고속엔진, (RPM 2000초과) : 9.84 g/kWh

### (2) 황산화물(SOx)

선박에 사용하는 연료유의 유황 함유율이 5.0 %를 초과하여서는 아니되며, 특별해역에서 운항하는 선박으로부터의 총방출량은 6.0 g/kWh 이하이며 연료유 중의 황함유율은 1.5 % 이하이어야 한다. 현재의 협약의 초안에서는 배출허용기준이 세가지로 구분되고 있으나, 협약의 발효시점인 1999년에는 연료유의 황함유율로서 5.0 %를 적용한 후, 2000년 부터는 더욱 규제치를 강화할 것으로 예측된다.

### (3) 할론가스(HALON)와 염화불화탄소(CFCs)

오존층 파괴물질의 생산 및 사용을 제한하는 몬트리올 의정서에 의거하여 프레온계열 냉매가 선박에서 소화제나 냉동설비 및 냉장설비의 냉매로 사용되는 것을 금지하며, 할론 및 CFCs를 고의로 배출하는 것을 금지하도록 되어 있다. 현재 보유하고 있는 할론물질에 대한 수용 및 저장시설에 대한 세계적인 단계적 철거일정은 현재로서는 구체적으로 설정되어 있지 않다.

1992년 11월 개최된 Montreal 의정서 채택국회의에서는 CFCs의 단계적 폐지기한을 1996년 1월 1일로 제안했으나, 대기오염방지협약 초안에서는 선박에서 사용하는 CFCs계 냉매의 단계적 철수는 CFCs계 냉매의 폐기시 육상시설에 수용토록 요구되고 있지 아니하므로 당분간 유보하도록 되어 있다. 그러나 CFCs를 이용한 냉장장치 및 할론을 이용한 소화장비의 새로운 설치는 금지하도록 되어 있다.

#### (4) 휘발성 유기화합물(VOCs)

휘발성 유기화합물은 선적항에서 원유 등을 선적할 때 탱크에서 배출되는 대기오염물질로서, 이러한 물질이 아무런 정화과정을 거치지 않고 그대로 대기로 방출되는 것을 방지하기 위하여 탱커선이 기항하는 터미널에 증기배출 조절장치(Vapour Emission Control System)의 설치를 의무화 하고, 이 장치가 요구되는 항만은 당사국간 협의에 의하여 지정되어, 탱커선의 크기, 대상물질 및 방출량 허용치 등을 IMO에 통보하도록 되어 있다. 그러므로 지정된 항만에 입항하는 모든 탱커선은 Vapor Return System을 의무적으로 설치하여야 한다. 또한 기존의 탱커선의 경우에는 비록 탱크에 설치되어 있는 배출구가 이와 비슷한 기능을 수행하고 있더라도 유예기간 3년 이내에 본선에 별도의 증기배출 조절장치를 갖추어 휘발성 유기화합물을 적극적으로 회수하지 않으면 안된다.

#### (5) 선내 소각기(Incinerator)

대기오염방지협약에 의하여 선상에서 소각이 금지된 물질의 종류는 잔류화물유, 유성분을 함유한 포장재료, 염소혼합물을 함유한 정제된 석유, 중금속함유 쓰레기 및 폴리염화 비페닐(PCBS)이며, 그 외의 물질에 대하여는 선상 소각이 가능하다.

그러나 현재 선박에 설치되어 있는 소각기는 PVCS의 소각도 금지되도록 되어 있으며, 소각 금지구역은 남극해역, 항만 및 연안국이 금지한 해역으로서 설정되어 있다. 또한 주보일러 및 보조보일러에서 발생하는 슬러지 소각은 항만 외의 해역에서는 가능하나, 플라스틱을 함유한 폐기물의 소각은 선상 소각이 불가능하여 육상의 수용시설에 배출하도록 규정되어 있다.

### 3. 우리나라의 기술현황 분석

대기오염방지협약이 본격적으로 발효될 경우 우리나라의 조선공업, 해운업, 정유산업 및 하주들에게 미치는 기술적 경제적 영향은 매우 지대하다.<sup>(2),(3)</sup> 이하에서는 선급의 입장에서 우리나라의 현재 기술현황을 토대로 한 경제적 기술적 분석에 대하여 기술하기로 한다.

NOx의 배출규제에 따른 측면에서 현존 선박의 대부분은 규제 허용치를 만족하지 못하므로 배출기준에 적합한 별도의 배기가스 정화장치를 설치하여야 하며, 불가능한 경우에는 기관 자체를 대체하여야 한다. 그러나 현재 우리나라는 De-NOx System에 대한 기술개발이 충분하지 못한 실정이다. 이러한 질소산화물의 정화장치를 부착하거나 기관 자체를 교체하기 위하여서는 상당기간 선박운항이 불가능하며, 저질유 사용이 자연히 제한되므로 연료비의 상승이 예상된다.

SOx의 배출규제에 따른 측면에서 우리나라 선박용 연료유의 주종인 벙커 C유의 유황 함유량은 현재 4.0 %이므로 대체적으로는 별 문제점은 없다. 그러나 배출허용 기준치가 1.5 %

이하로 규제되는 특별해역에서는 상대적으로 고가인 1.5%의 저유황 연료유를 사용하여야 하므로 별도의 연료유 탱크 및 배관설비가 필요하게 되므로 신조선의 경우에 건조단가의 상승을 불가불 초래하게 된다.

또한 정유업체에서 특별해역의 통항을 위하여 1.5%의 저유황유를 생산하기 위하여서는 별도의 탈황설비를 추가로 설비하여야 한다. 정유업체에서 연료유 황함유량을 4.0%에서 1.5% 이하로 저감하기 위하여는 137,000 BSD (Barrel Per Stream Day : 운영일 기준 일일 정제량 단위)의 탈황시설에 약 1조 500억원이 소요될 것으로 추정되며, 설치에는 3~4년이 소요될 것으로 예측된다.

향후 황함유량의 허용기준치는 약간 그 규제치가 하향 조정될 것으로도 예측되지만 어쨌든 정유업체의 탈황설비의 신설에 막대한 투자비가 예상되므로 해운업체도 저유황유 사용에 따른 유가의 추가 상승이 예상된다.

탱커선의 하역시 발생하는 휘발성 유기화합물 재용축시켜 대기로의 방출을 저감하기 위한 증기배출 조절장치를 연구개발하여 설치하기 위하여도 추가비용이 발생된다. 단기적 입장에서 이들을 요약하여 Table 2에 나타낸다.

**Table 2 Analyzing Influence on Domestic Industries**

Industry	Short Term	
	Cost-up	Benefit
Ship Builder	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engineering cost on developing required engines</li> <li>- Royalties of technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Increase on order demands on engine developing of ships</li> </ul>
Ship Owner	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Additional cost of engine modification and maintenance</li> <li>- Additional fuel cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extended of life time of engine</li> <li>- Contribution to global environment : Improving impression of maritime industries</li> </ul>
Oil Refinery	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Additional cost on installing desulphurisation system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Improving impression of appraisal by society conservation of environment</li> </ul>
Freight Owner	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Additional cost on freight</li> </ul>	



그러나 세계적으로 조선분야의 선진국인 우리나라의 입장에서는 장기적인 지구환경 보전에의 기여는 물론, 질소산화물의 대기방출규제를 위한 배출저감장치 설치와 관련하여 현존 선박의 엔진개조 및 신조용 고부가가치 주기판 개발에 따른 신규 수주가 예상되므로, 빠른 시일내에 관련기술의 개발을 위하여 산·학·관·연의 협동기술개발이 시급히 요망된다고 사료된다.

#### 4. 우리나라의 기술적 대응전략

국제사회에서의 우리나라는 세계 10위권의 해운국이며, 세계 1~2위의 조선국이고, IMO이사국이며, 또한 1993년 (사)한국선급이 IWACS로 부터 품질인증감사에 합격하였다. 그러므로 이러한 우리나라의 국제적 위상에 부응하도록 지구차원의 대기오염방지라는 기술적 조류에 적극 참여하는 것이 불가불하며, 우리나라가 개도국에 적용되는 장기간 유예조치의 적용 요청도 어려운 실정이므로, 동 협약의 제정 취지에 찬동하고 협약의 발효시에는 이를 적극적으로 수용할 태세를 갖추지 않으면 안된다.

대기오염방지협약은 제정 타당성과 세계적인 환경오염에 대한 규제강화 경향 그리고 IMO 및 주요 관련국의 정책 등을 고려할 때, 동 협약의 제정은 IMO가 계획한 일정대로 1996년 7월 또는 1997년도에 채택되어 1999년경 발효될 것으로 전망된다.

우리나라 정부에서는 동 협약의 초안 확정 후 선주협회를 비롯하여 조선공업협회, 대한석유협회 등을 대상으로 협약 초안에 대한 기술적 경제적 사항에 대한 의견을 수렴하였으며, 이를 토대로 국내적인 대책을 마련하여 관련국제회의에서 우리나라의 입장을 최대한 반영하고 있다.

NOx의 배출저감을 위하여 국내의 조선소에서 Licencer의 기술협조로 Dc-NOx System<sup>(4)</sup>를 제작하여 탑재한 실적이 있으나, 설치비용이 기관 제작비를 상회하며, 국내의 기술력이 아직은 미비한 문제점을 갖고 있다.<sup>(5)</sup> 또한 선진기술의 도입시에는 많은 Royalties의 지급에 따른 국제적 조선산업 경쟁력의 저하가 매우 우려된다.

유황 함유량의 저감설비의 설치를 위하여 세계적으로 필요한 정유설비의 추가설치 비용은 Table 3-a와 같으며,<sup>(6)</sup> 유황 함유량의 저감에 따른 톤당의 단계별 추가발생비용은 Table 3-b와 같다. 그러므로 규제치에 따라 우리나라 정유업계는 막대한 설치비가 소요되는 실정이며, 궁극적으로 유가상승을 초래하게 될 것이다. 현재 우리나라의 정유업계는 국가적 차원의 산·학·관·연의 협동연구로서 1994년 부터 “배연탈황 및 탄질개선 시스템”의 연구 개발에 착수하였다.<sup>(7)</sup>

**Table 3 Estimated Cost Relationship to Cap./Cost**

(a)

Global Sulphur Cap Level	Capital Cost
1.5%	US\$ 20 billion
3.5%	US\$ 1.4 - 2.0 billion
5.0%	0

(b)

To Reduce Sulphur Content	Average Incremental Cost per Tonne
5.0% → 4.5%	US\$5 ~ US\$15
5.0% → 4.0%	US\$15 ~ US\$30
5.0% → 3.5%	US\$25 ~ US\$50
4.5% → 4.0%	US\$6
4.5% → 3.0%	US\$28

우리나라의 경우 소화제로 사용하는 할론가스는 이미 대체 소화제인 CO<sub>2</sub>나 High Jet Fog 등을 선박에 사용하고 있다. 또한 CFCs계 냉매의 경우도 규제물질에 포함되지 않은 대체냉매가 최근 성공적으로 국산 개발되어 사용되고 있으며, 대체냉매를 사용하는 냉동장치 및 냉장장치도 속속 개발되고 있는 추세이므로 큰 문제가 될 것 같지는 않다.<sup>(8),(9)</sup> 그러나 선박용으로서 보다 완벽하고도 효율좋은 냉동장치 및 냉장장치를 개발하여 금후 많은 국산건조가 예상되는 원양어선 및 냉동컨테이너선에 국산품이 탑재되어야 할 것이다.

## 5. 결 론

한국선급의 입장에서 우리나라의 주기관 및 보조기관 제작회사, 해운회사, 선박기자재 생산 및 기관보수회사 그리고 조선소들의 경제적 기술적 대응전략의 수립을 도움을 주기 위하여 특히 대기오염방지를 위한 IMO협약을 중심으로 고찰한 본 논문의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 신부속서의 내용은 전문성이 강하고 동 부속서가 제정 시행되는 경우 국내 관련산업에 미치는 영향은 업계 간의 이해 차이가 있으므로, 부정적인 파급효과를 최소화하기 위하여는 전문적이고 조직적이며 체계적인 합동대책이 필요하며, 정부와 산업계가 상호 협력하여 IMO관련 회의에 적극 참여하고 충분한 사전 대비책을 적절히 수립하여야 한다.
- (2) 배출규제 물질별로 구체적인 대응방안을 강구하여야 하며, 선진국과의 기술제휴를 통한 기술축적 및 관련장비의 국산화 대책이 마련되어야 한다.
- (3) 2000년 이후에 적용되는 현존 선박의 경우 상당한 시간과 경비가 소요될 것으로 예상되므로 이에 대비한 장기적인 기술대책을 수립하여야 한다.
- (4) 대기오염방지협약에서 규제하는 물질 이외에도 금후 별도로 규제가 예상되는 CO<sub>2</sub> 등에 대한 추가적인 규제에도 대비하여야 한다.
- (5) 장기적이고 종합적인 환경보전 정책이 구현되도록 청정 무공해연료유의 보급을 확대하고, 환경오염방지시설에 대한 기술개발 투자를 늘려 우리나라가 기술적인 경쟁력 우위를 확보하여야 한다.

## 참 고 문 헌

- (1) IMO BCH WP21/15, Annex 8, 1991
- (2) 조선조합회보, Vol.11, pp.14~16, 1994
- (3) Fairplay, No.4, pp.25~26, 1994
- (4) MAN-B&W Technical Documentation of De-NOx System, Vol I, Vol II, 1989
- (5) Anders Alexandersson, Exhaust Gas Emission From Sea Transportation, pp.136~173, 1993
- (6) IMO MEPC WP37/13/12, pp.1~23, 1995, IMO BCH WP24/7/7, pp.1~10, 1994
- (7) 한중기보, 2월호, pp.2~18, 1994
- (8) 森川喜之, HCFC 代替フロン技術の 開發 狀況, 冷凍, No.795, Vol.67, pp.100~111, 1994
- (9) 西谷憲二, フロン規制と 冷凍空調機の 新冷媒に ついて, 設備設計, 5-5, pp.11~16, 1993