

# 선상 배기가스(SOx) 세정장치에 대한 국제해사기구(IMO) 동향

이 영 찬†

## Tendency of IMO For On-Board Exhaust Gas Cleaning System

Young-Chan Lee

†회원, 한국해양대학교 대학원 메타트로닉스공학과, 한국해양수산연수원 교관

E-mail : [01@seaman.or.kr](mailto:01@seaman.or.kr)

TEL : (051)620-5813 FAX : (051)620-5810

**Abstract** This document provides the concerning information of the MEPC Committee and DE sub-Committee of International Maritime Organization in accordance with enforcement of an International Air Pollution Prevention Certificate at May 19 2005years.

**Key words:** EGCS(선상배기가스 세정장치), SOx(황산화물).

### 1. 서론

최근 들어 전세계적으로 환경오염규제가 크게 강화되고 있는 가운데, 국제해사기구(IMO)는 1997년 9월 26일 런던 IMO본부에서 개최된 제 3차 MP Conference에서 선박으로부터 대기오염물질의 배출을 규제하는 새로운 협약(대기오염방지협약 73/78 MARPOL Annex VI) 이 제정, 채택되었다. IMO는 이 협약을 통해 지구 오존층을 파괴하는 CFC계 냉매와 Halon가스의 사용을 금지하고, 배기가스중에 포함된 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx)의 배출을 줄이기 위하여 황함유량이 낮은 선박연료유를 규제하고 질소산화물의 배출허용치를 만족하는 기관의 사용을 의무화 하기로 하였다. 질소산화물(NOx) 배출 규제 및 선내소각기의 경우에는 2000년 1월 1일이후에 건조되는 선박 또는 탑재되는 경우에 적용하도록 되어있다. MARPOL Annex VI의 대기오염에 관한 규칙이 2005년 5월 19일부터 발효 되었으며 이 문서에서는 선상 배기가스(황산화물) 세정장치(ON-BOARD EXHAUST GAS (SOx) CLEANING SYSTEMS, 이하 EGCS-SOx라 한다.)의 국제해사기구(IMO) 환경보호 전문 소위원회(이하 "MEPC"라 한다.)와 선박 설계 및 의장 전문 소위원회(이하 "DE"라 한다.)에 의논되었던 경과 과정과 EGCS-SOx 시스템과 질소산화물(NOx) EGCS의 Marine Selective Catalytic Reduction Systems(이하 SCR이라 한다.)의 Guidelines에 대해서 구체적으로 알아보기로 한다.

### 2. 선상 배기가스 세정장치에 대한 국제해사기구(IMO) 위원회들의 동향

#### 2.1 경과과정

MEPC 37차(1997. 9.)에서 선박으로부터의 대기오염방지규칙이 부속서 VI장으로 제정·채택됨에 따라 선박으로부터 대기오염배출 통제물질인 오존층파괴 물질, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물, 선내 소각기 배출가스, 수용시설, 연료유의 품질 등에 관한 규제를 논의하고 있어, 최근에는 국제항해선박으로부터 배출되는 "지구온난화가스(GREEN HOUSE GAS, 이하 GHG라 한다.)배출감소

를 위한 협약” 채택을 목적으로 CO<sub>2</sub>배출감소 방안에 대하여 중점 논의 되었으며 MEPC 42차에서 제안된 선박의 온실가스 배출물 저감에 관련된 문제를 검토하고 GHG 배출 규제 중 CO<sub>2</sub>배출규제 사항은 대기오염방지협약의 규칙 제정시 이미 회람문서로 회람 되었으며, 특히 CO<sub>2</sub> 배출규제 방안에 대한 검토는 IMO사무국과 UN이 공동으로 연구하고 그 결과를 IMO에 통보하였으며 MEPC 44차에서 제 5차 기후변화 협약 당사국 회의결과와 제 11차 과학자문단(SBSTA)회의 결과를 보고하고, IMO와 SBSTA간의 정보교환이 필요함을 강조하였다. 2001년 11월에 개최된 IMO 22차 총회에서는 MARPOL 73/78의 부속서 6장에서 언급한 선박으로부터의 대기오염방지에 대한 국제 요건의 이행을 촉구하였고 해운업계에서 MARPOL 73/78의 부속서 6장의 요건, 특히 NO<sub>x</sub>기술코드의 요건, 오존파괴물질의 사용, 소각 및 유황성분이 포함된 연료유의 사용 통제의 이행에 대한 준비를 하고 있음을 인식하고 총회에서 Res.A929(22)를 채택하였다. MEPC 47차 회의에서는 선박으로부터 GHG배출에 관한 IMO연구에 포함된 GHG배출 감소를 위한 “선박으로부터 CO<sub>2</sub>배출에 관한 사항”, “GHG 배출감소를 위하여 선주와 IMO의 이해관계 정립, 신설 및 가능한 현존선에 대한 배출기준 개발 개발착수”, “신조선 및 현존선의 GHG배출 감소 이행에 관한 신뢰성 추적”등 3가지 사항에 관하여 중점 논의 할 것을 동의하였으며 노르웨이 주도하에 통신작업반(Correspondence Group)을 구성하였으며 대기오염물질인 황산화물 배출규제를 위해 “연료의 샘플링에 대한 지침”을 MEPC 47차 결의서로 채택하였다. MEPC 48차에서는 “선박으로부터의 지구온난화가스의 감소에 관한 IMO의 정책 및 실행”에 대한 제 23차 총회 결의서 채택을 위한 초안문서의 검토, 부속서 6장의 강제 발효 및 대기오염에 관한 향후 2010까지의 작업계획 등에 대하여 중점 논의 되었으며 국제항해 종사하는 선박의 연료유로부터 발생하는 배출가스에 대해 논의 되었으며 MEPC 49차에서 GHG 배출 관련 총회 결의서 최종안 검토를 위하여 통신작업반을 구성하였으며, 지구온난화가스(GHG: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFCs, SF<sub>6</sub>)배출 규제시기, 규제시의 기술기준 마련 및 향후 계획 등에 관하여 논의하였다. MEPC 제 51차에서는 MARPOL 부속서 6의 가입현황이 13개국 총선복량의 54%이며 발효요건에 2개국이 부족함을 언급하고 일본 및 사이프러스가 비준을 진행중에 있으므로 2005년 발효될 것을 언급되었고(충족 요건: 15개국, 총선복량 50%), 위원회 의장은 통신작업반 보고서 및 노르웨이 제안문서 등은 MEPC 52차에서 검토하기로 하고 작업반을 구성하여 “지구온난화 가스(GHG) 배출에 관한 IMO와 UNFCCC 사무국 사이의 협조사항”, “기후변화에 대한 정부간 패널(IPCC)의 작업에 참석시 IMO가 권고할 사항”, “연료유에 포함된 유황함유량 모니터링을 위한 기금 조성의 필요성”등을 논의하였으며 작업반보고서에 대하여 인도, 사우디, 중국 등 일부 개발도상국이 선박으로부터의 지구온난화가스 규제를 위한 작업과 검토에 대하여 강력하게 반발하여 작업반보고서가 승인 거부되었고 이에 따라 모든 사항을 MEPC 52차에서 재 논의하기로 하였다. MEPC 52차에서는 지구온난화가스 배출 규제에 대하여 중국, 사우디아라비아 등 일부 개발도상국은 기후변화협약(UNFCCC), 교토의정서(KYOTO PROTOCOL)의 부속서1의 국가(지구온난화 가스 배출 감소 의무국)에 개발도상국이 제외되어 있음을 언급하면서 강력하게 반대하였다. MARPOL 14(3)(a)규칙의 SO<sub>x</sub> 배출통제지역에 “부속서 5의 제5(1)(f)규칙에 정의된 북해지역”을 추가하였다. 연료유 속에 포함된 황 성분 모니터링의 지속적인 프로젝트 추진을 위한 기금마련에 대한 사항은 2006년 1월 1일 이후 네덜란드로 하여금 동 프로젝트의 영구적인 진행을 위하여 정기적인 기금 조성의 필요성을 인식하고 MEPC가 IMO의 기금 조성을 위하여 이사회의 안건으로 상정할 것을 결정하였다. 독일, 노르웨이 및 영국이 공동 제출한 문서(52/4/2)에 포함된 선박에 대한 CO<sub>2</sub>배출지수를 위한 지침서 초안에 대하여 정의, 적용, CO<sub>2</sub> 지수의 설정, 기록과 보고절차, 모니터링과 검증 및 지침서의 적용을 검토하고, 위원회는 동 지침서 초안을 이용

하여 각 회원국에게 CO<sub>2</sub> 지수 시스템의 시험적용을 실시하고 그 결과를 MEPC 53차에 보고하도록 하였다. MEPC 52차에서는 MARPOL 부속서 VI의 대기오염 방지에 관한 규칙을 2005년 5월 19일 발효하기로 하였다. 2003년 2월 DE 46차에서는 선상 NO<sub>x</sub> 감시 및 기록장치에 대한 지침안을 초안 작업반을 구성하여 최종 보고서를 작성하였으며, 덴마크와 영국은 이 장치의 개발 업체의 입장에서 진술하였으며, 우리나라, 일본 및 EUROMOT는 조선소/ENGINE-BUILDER측 입장을 반영하였다. DE 47차에서는 MEPC 41차에서 미국이 EGCS-SO<sub>x</sub> 세정장치에 대한 지침 초안을 제공하였으며 1997년.09.26 MARPOL 부속서 VI에 채택되면서 동 부속서 14(1)규칙에서 황산의 배출한계를 4.5% $m/m$ 으로 규정하고 14(2)규칙에서 SO<sub>x</sub> 배출통제지역내에서는 황 함유량이 1.5% $m/m$ 인 연료를 사용하거나 기구가 개발한 지침에 적합한 EGCS-SO<sub>x</sub>를 사용하여 황산화물의 총배출량을 6.0g/KWh이하로 줄이는 방법으로 협약을 만족하도록 규정하였으며 그 동안 IMO가 주력하였던 NO<sub>x</sub> 감시장치에 대한 지침개발작업이 DE 46차에서 완료되었으며 SO<sub>x</sub> 감시장치에 대한 개발하기 위한 작업 계획을 세우고 각국으로부터 문서 제출하도록 요청하였다. 1998년부터 전세계적으로 판매된 연료유 잔류량에 함유된 황산화물 함유량을 감시하기 시작하였으며 2002년도까지 3년 평균 SO<sub>x</sub>함유량은 2.67% $m/m$ 이었다. MARPOL 부속서 VI의 14(4)(b)규칙에 따르면 비통제구역에서는 4.5% $m/m$ 로 되어있으나 황산배출통제지역(SECA)에서는 규제치가 1.5% $m/m$ 임으로 향후 통제지역이 늘어날 것으로 예측하며 EGCS-SO<sub>x</sub>의 개발이 요구된다. DE 48차(2005년 2월)에서는 EGCS-SO<sub>x</sub>의 지침안을 확정하였다. EGCS-SO<sub>x</sub> 지침은 EGCS-SO<sub>x</sub>의 형식승인과 Monitoring 설비는 직접적이고 연속적으로 설치되어야 하며, SO<sub>x</sub> 배출통제지역에서 황 함유율 1.5% $m/m$ 넘지 않도록 하고 모든 연료유 연소 설비(소각기는 제외)에 적용하도록 하였다. EGCS-SO<sub>x</sub>사용으로 발생한 폐수는 폐워된 항만, 항구, 강어귀에서는 배출금지(MARPOL 부속서 VI 14(4)(b))되고, 배기가스에 포함된 Nitrogen, Mono-Oxides, Oil, 중금속등은 현재는 무시해도 되고 차후 좀더 연구되어야 한다. DE 48차에서 SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> 계산방법과 세정수 배출 기준은 MEPC 53차에 보고하도록 하였다.

### 3. EGCS-SO<sub>x</sub> GUIDELINE

DE 48차에서 논의 완료되었던 EGCS-SO<sub>x</sub> 지침을 살펴보고 미국에 의해 제출된 SO<sub>x</sub> OVER CO<sub>2</sub> 감시 방법에 대해서 알아보기로 한다.

#### 3.1 EGCS-SO<sub>x</sub> Guidelines

가. SCHEME A - EGCS-SO<sub>x</sub> 형식승인과 증서

1) 목적과 적용

: 이 지침서는 MARPOL 73/78 Annex VI의 규칙 14(4)의 요건에 준수할 수 있는 EGCS-SO<sub>x</sub> 장치의 설계, 시험, 검사와 증서의 요건을 구체화 하기 위한 것이며 EGCS-SO<sub>x</sub> 장치는 연료유 연소 설비(소각기를 제외)에 부착됨으로써 SECA 지역에서 작동되는 설비이다. 또한 증서와 검사도 위 규정에 적합해야 한다.

2) 검사와 증서

: 각각의 EGCS-SO<sub>x</sub> 장치는 SECA지역에 들어오기 전에 주관청에 의해서 SECA 준수증서와 같이 발급되어야 하고, SECA 지역에 아닌 곳에서 최초, 연차/중간 갱신 검사를 주관청에 의해서 받아야 하며 선박의 SCC(SECA Compliance Certificate)도 규정에 의한 각각의 검사가 정당하게 이서되어여져야만 하고 EGCS-SO<sub>x</sub> 장치는 SECA지역에서 작동할 때에는 PSC에 의해서 검사가 되어져야 한다.

3) EGCS-SO<sub>x</sub>의 증서 절차

: 주관청에 의해서 승인된 EGCS-SO<sub>x</sub> Technical Manual(이하 ETM이라 한다.)에 의해서 제공하

는 작동 상태와 제한상 6.0gSO<sub>x</sub>/kWh을 배출제한치로써 각각의 EGCS-SO<sub>x</sub>들이 증서가 발급되어야 한다. 배출제한치 결정은 EGCS-SO<sub>x</sub> 지침서의 규정에 따라서 되어야 하며 EGCS-SO<sub>x</sub>은 주관청에 의해서 SCC와 함께 발급되어야 한다. SCC를 위한 적용은 EGCS-SO<sub>x</sub> 제조자, 선주 또는 각 당사국에 의해서 만들어져야 한다.

4) EGCS-SO<sub>x</sub> Technical Manual (ETM)

: 각각의 EGCS-SO<sub>x</sub>의 ETM이 공급되어야만 하고, 장치와 요구되는 보조시스템의 도면이 포함되는 장치의 증명서(제조자, 모델/타입, 고유번호와 그 외 필요한 자세한 사항), 배기가스 흐름안의 최대치와 최소치, 연료 연소설비들의 마력과 타입, 배기가스 입구온도 배기가스 입/출구 압력 범위, 세정수 흐름을 최대치와 최소치, 입구측 압력과 입구측 물의 알칼리티 최소치 등이 포함되어야 한다.

5) 배출 제한치

: 주기관 운전 부하 범위의 100~25%사이에서, 그리고 보일러를 포함한 보조 디젤 엔진의 운전 부하 범위의 100~10%사이에서 6.0g SO<sub>x</sub>/kWh이하가 되게끔 EGCS-SO<sub>x</sub>가 설치 되어져야 한다.

나. SCHEME B - SO<sub>x</sub> 배출의 연속적인 모니터링

1) 일반

: 이 SCHEME은 EGCS-SO<sub>x</sub>이 장착된 연료 연소 설비가 SO<sub>x</sub>/CO<sub>2</sub> 비율이 65(ppm)이하가 되는 배출값에서 모의 시험되어지기 위해 사용되어져야 한다.

2) 배기가스 측정

: 배기가스 함량 측정(SO<sub>2</sub> 과 CO<sub>2</sub>)은 EGCS-SO<sub>x</sub>장치 거친 이후에 적절한 위치에서 측정되어져야만 한다.

3) SO<sub>2</sub> 배출율의 계산

: SO<sub>2</sub> ppm과 CO<sub>2</sub> 계속해서 모니터링되고 기록되어져야하고 어느 1시간동안 5분이상 비준수가 되어선 안된다.

4) 세정수 모니터링

: 세정수가 모니터링 될 때에는 알칼리티와 유함유량을 포함되어야 하며 어떠한 일이 있더라도 생태계에 지장을 주어서는 안된다.

5) 선상 모니터링 매뉴얼

(1) ON-BOARD MORNITORING MANUAL(이하 "OMM"이라 한다.)은 각각의 모든 연료유 연소 장치에 하나씩 준비되어야 하며 증명되고 발급되어야 한다.

(2) OMM은 EGCS-SO<sub>x</sub> 성능과 배출수, 정비와 조정 요건들의 센서, 배기가스 배출 측정 위치, 정비와 조절 요건들을 위해 사용되어지는 분석기, 영점 조절 절차 등들이 포함되어야 한다.

(3) OMM은 모니터링 시스템이 어떻게 검사되어지는지 제공되어져야 하며, 주관청에 의해서 승인되고 발급되어져야 한다.

3.2 SO<sub>x</sub> OVER CO<sub>2</sub> MORNITORING METHOD

가. 65<sup>1</sup>(ppm/%)SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 과 연료의 황함유율 1.5% 사이의 상호 작용하는 것은 황함유율 1.5%이며 Distillate과 Residual이 포함된 연료유와 다양한 연료유가 Table 1에서 보여지듯이 탄소에 대한 황의 질량 비율로 계산된 것으로 실험되어졌다. 이런 비율들은 Table 2에서 나타내듯이 배기가스 속에 포함된 SO<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>의 상호 연관성을 해석하기 위해 사용되어졌다. Table 2에 있는 1.5% 황함유율 연료유에서 CO<sub>2</sub>의 양은 8%로 설정하였고 과잉공기속에서 변화에 영향을 미치지 않는 상황에서 0.5%로 설정치를 변경하였을때 SO<sub>2</sub> 농도는 변화하지만 SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>는 변화지 않는다. 이것은 SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 비율이 연료와 공기의 비율에서 독립적임을 말한다.

Table 1: Fuel properties for marine distilate and residual fuel

	Carbon	Hydrgen	Sulphur	other	H:C	Fuel S/C
	g/g	g/g	g/g	g/g	mol/mol	g/g
Distillate*	86.20%	13.60%	0.17%	0.03%	1.880	0.00197

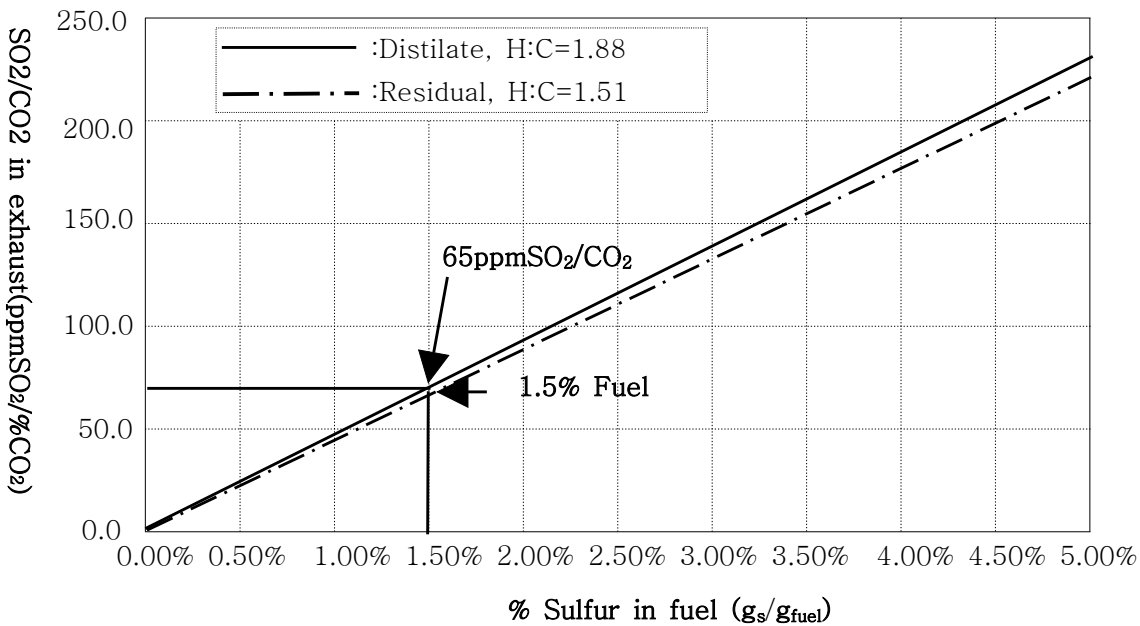
Residual*	86.10%	10.90%	2.70%	0.30%	1.509	0.03136
Distillate 1.5% S	85.05%	13.42%	1.50%	0.03%	1.880	<b>0.01764</b>
Residue 1.5% S	87.17%	11.03%	1.50%	0.30%	1.509	<b>0.01721</b>

\*Based on properties in the IMO NOx Mornitoring Guidelines

Table 2: Emissions calculations corresponing to 1.5% fuel sulphur

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Exh SO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	Exh S/C
	%	<sup>1</sup> ppm	<sup>1</sup> ppm/%	g/g
Distilate 0.17% S	8	59.1	7.4	0.00197
Residue 2.70% S	8	939.7	117.5	0.03136
Distilate 0.15% S	8	528.5	<b>66.1</b>	<b>0.01764</b>
Residue 2.70% S	8	515.7	<b>64.5</b>	<b>0.01721</b>
Distilate 0.15% S	0.5	33.0	<b>66.1</b>	<b>0.01764</b>
Residue 2.70% S	0.5	32.2	<b>64.5</b>	<b>0.01721</b>

Figure 1: SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> vs % SULFUR IN FUEL



SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 비율은 정제유에서 잔유로 조금 바뀌게 된다. 이런 현상은 두 연료유의 아주 다른 원자인 H:C의 비율 때문이다. Figure 1은 H:C와 연료유 속 황 농도의 폭 넓은 범위에서 H:C에 대한 SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 비율 민감도의 크기를 나타낸 것이다. Figure 1으로부터, 황 함유율이 3%이하인 연료유는 정제유와 잔유의 S/C의 비율의 차이가 5.0%이하이다. 6.0g/kWh과 65(<sup>1</sup>ppm/%)SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 상호작용하는 것은 S/C의 비율과 유사하게 보여진 것이 실험되어졌다. 이것은 200 g/kWh 연료소비치의 추가 가정이 요구된다. 이것은 선박용 디젤엔진의 평균치이다. 이 계산식은 아래와 같다.

$$S/C_{fuel} = \{ \text{brake-specific SO}_2 * (MW_s / MW_{so_2}) \} / \{ \text{BSFC} * (\% \text{carbon in fuel} / 100) \}$$

brake-specific SO<sub>2</sub> = 6.0g/kw-hr, MW<sub>s</sub> = 32.065g/mol,  
MW<sub>so2</sub> = 64.064g/mol, BSFC = 200g/kW-hr.

#### 4. 결론

1997년 9월 26일 73/78 MARPOL 협약 Annex VI이 제정, 채택되었으며, 2005년 5월 19일부터 국제대기 오염방지증서가 발효되므로써 우리나라에서는 그에 대한 법규가 제정되었으며 차후 연료유 연소 설비(주기관, 발전기, 보일러, 소각기 등)를 제작함에 있어서 이에 대한 고려를 해야만 할 것이다. 또한 IMO에서 해양환경 보호를 위해 많은 선진국과 개도국에서 많은 의견을 개진하는 가운데 우리나라도 그에 못지않게 정부, 선주, 엔진 제조자 및 해기사들도 적극적인 노력을 해야 할 것이다.

### 참고문헌

[1] IMO, MEPC, DE SUB-COMMITEE MEETING DOCUMENTS, 2005.