

공학석사 학위논문

선박으로부터 발생하는 환경위해물질 배출 방지에 관한 연구

- 비발효 해양환경협약을 중심으로 -

A Study on the Prevention Method of Environmental
Hazard Material from Ship

- Focusing on the Non-Effectuated Marine Environmental Convention -

지도교수 국승기

2005년 2월

한국해양대학교 대학원

해양경찰학과

김 병 곤

본 논문을 김병곤의 공학석사 학위논문으로 인준함

위원장 공학박사 윤종휘 인

위 원 공학박사 이은방 인

위 원 공학박사 국승기 인

2005년 2월

한국해양대학교 대학원

해양경찰학과

김 병 곤

목 차

그림목차	iv
표목차	v
Abstract	vii
제1장 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적	2
제2장 선박으로부터 발생하는 환경위해물질 분석	4
2.1 선박운항과 환경위해물질	4
2.2 배출원별 환경위해물질 저감기술	6
2.2.1 주기관 및 보기기관	7
2.2.2 가스 터빈	8
2.2.3 보일러	8
2.2.4 선박밸러스트수	9
2.2.5 선박의 에어컨 및 냉장고	9
2.2.6 선박의 화물창 관리	10
2.2.7 빌지수, 기관 및 펌프실	10
2.2.8 방화 기기	11
2.2.9 불활성 가스 시스템	11
2.2.10 선체 표면에서 발생하는 환경위해물질	11
2.2.11 선박에서 발생하는 하수	12
2.2.12 폐기물	12

제3장 해양환경 국제협약	13
3.1 해양환경 국제협약의 개요	13
3.2 해양환경관련 국제협약의 주요 현황	15
3.2.1 해양환경관련 국제협약의 종류	15
3.2.1 해양환경 보전을 위한 국제협약의 주요 흐름	19
3.2.3 주요 해양환경 관련 국제협약의 주요 내용	23
제4장 선박대기오염물질 배출 방지	40
4.1 선박으로부터의 대기오염물질 배출 규제 현황	40
4.2 선박에 의한 대기오염 현황	41
4.2.1 황산화물(SO _x) 오염현황	42
4.2.2 질소산화물(NO _x) 오염현황	44
4.2.3 이산화탄소(CO ₂) 배출현황	46
4.3 국제해사기구(IMO) 규제 및 각국 대응 방안	48
4.3.1 선박으로부터 대기오염방지 규칙에서 황산화물 규제	49
4.3.2 MARPOL 73/78 부속서6의 발효가 국내에 미치는 영향	53
4.3.3 유럽공동체(EU)의 선박에서 배출되는 SO _x /NO _x 저감방안	54
4.3.4 유럽공동체(EU)의 해수탈황에 의한 SO _x 처리효과	57
4.4 선박대기오염물질 배출방지 방안	59
제5장 유해 방오물질 배출 방지	62
5.1 방오도료와 해양생물체의 피해	62
5.2 TBT 도료 사용 현황	64
5.2.1 TBT 함유 페인트의 국내 규제동향	66
5.2.2 TBT 함유 방오도료 및 Tin-free 방오도료 생산량	67

5.2.3 TBT 함유 방오도료 도장 현황	70
5.3 유해방오물질 배출방지 방안	71
제6장 선박밸러스트수로부터 해양생태계 보호	73
6.1 선박밸러스트수 관리의 개요	73
6.2 밸러스트수에 의한 해양생태계 피해 현황	75
6.3 세계적 대응현황	78
6.3.1 미국의 대응방안	78
6.3.2 호주의 대응방안	80
6.3.3 국제해사기구(IMO)의 대응	82
6.4 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약 내용	85
6.5 밸러스트수 처리기술개발 현황	87
6.6 선박밸러스트수로부터 해양생태계보호 방안	93
6.6.1 우리나라 환경에 최적의 선박밸러스트수 처리장치 개발	94
6.6.2 외국으로부터 밸러스트수 유입 방지 방안 수립	96
6.6.3 선박밸러스트수 배출지정해역 설정	99
6.6.4 유사한 해양환경 지역에 대한 면제증서 발급	102
6.6.5 밸러스트수 규제를 위한 국내법 제정	103
제7장 결 론	105
참고문헌	108

그림 목 차

<그림 1> 각 부분별 CO2 배출량 추이	47
<그림 2> 유럽의 SOx 통제지역	52
<그림 3> 대기오염방지규칙에 의한 유럽의 황합유량규제 계획	53
<그림 4> Self Polishing Co-polymer System	63
<그림 5> TBT 및 Tin-free 방오도료 국내생산 현황(1998-2001)	69
<그림 6> TBT 및 Tin-free 방오도료 생산량 비교(1998~2001)	70
<그림 7> 외항선·원양어선의 TBT 및 Tin-free 방오도료 사용현황	71
<그림 8> Concep of the Ballast Water Condition in Ship	73
<그림 9> Invasive species diversity	77
<그림 10> Marine species in ballast water	77
<그림 11> Ballast water reporting form in USA	79
<그림 12> 밸러스트수 처리기술 Diagram	87
<그림 13> 적용기술별 밸러스트수 처리기술 개발현황	89
<그림 14> 화학품(활성화물질) 형식승인 절차	95
<그림 15> 호주의 밸러스트수 관리 체계	97
<그림 16> 우리나라의 밸러스트수 교환 가능 해역	100

표 목 차

<표 1> 선박에서 발생하는 환경위해 물질	4
<표 2> 기관으로부터 배출되는 환경위해 물질	5
<표 3> 각종 기관으로부터 발생하는 환경위해 물질	5
<표 4> 주요 환경위해물질의 저감 방안	6
<표 5> 공기중 방출물의 저감방안	7
<표 6> 주기관 및 보기기관의 환경위해물질 저감기술	7
<표 7> 가스터빈의 환경위해물질 저감 기술	8
<표 8> 보일러의 환경위해물질 저감기술	8
<표 9> 밸러스트수의 해양생물체 이동방지 기술	9
<표 10> 에어컨 및 냉장고의 환경위해물질 배출방지 기술	9
<표 11> 화물창으로 발생하는 환경위해물질 저감기술	10
<표 12> 빌지수·기관·펌프실로부터 발생하는 환경위해물질 저감기술	10
<표 13> 선박 방화기기의 환경위해물질 저감기술	11
<표 14> 불활성 가스시스템의 저감기술	11
<표 15> 선체표면에서 발생하는 환경위해물질의 저감기술	11
<표 16> 선박에서 발생하는 하수의 저감기술	12
<표 17> 선박에서 발생하는 폐기물의 저감기술	12
<표 18> MARPOL 73/78 주요개정 내용	27
<표 19> 국내의 오염원별 SO ₂ 배출량	43
<표 20> 국내 오염원별 NO ₂ 배출량	45
<표 21> 온실가스 배출량 증가 추이와 구성비	46
<표 22> 선박의 NO _x , SO _x , CO ₂ 배출량	47
<표 23> 대기오염방지규칙의 주요 규제 내용	48

<표 24> 선박으로부터 대기오염방지 규칙 주요 규제 시기	49
<표 25> 대기오염방지규칙의 황산화물 규제	51
<표 26> European emissions of SO ₂ and NO _x (millions of tons)	55
<표 27> Discount of Fairway Dues, Fuel Oil Sulphur Content-Sweden('98. 1) ..	56
<표 28> Differentiated Port Dues, Fuel Oil Sulphur Content-Major-Sweden	56
<표 29> Performance and cost using seawater exhaust scrubbers	57
<표 30> Analysis per 1,000 tons, Bunkers consumed in the SECA	57
<표 31> Comparison of methods of analysis for reducing emissions from ships ..	58
<표 32> Comparison of SO _x and PM removing methods	59
<표 33> 우리나라 TBT 함유 방오도료 규제현황	66
<표 34> 국내 업체별 TBT 및 Tin-free 방오도료 생산현황(2001)	67
<표 35> 국가별 밸러스트수 규제 현황	81
<표 36> IMO 협약의 연도별 적용기준	85
<표 37> 밸러스트수 처리성능 기준	86
<표 38> 밸러스트수 처리기술 개발현황	88
<표 39> 국가별 밸러스트수 처리 시스템 개발 현황	89
<표 40> MARTOB 적용기술 및 실험 생물종	90
<표 41> 밸러스트수 처리시설 설치 사례	91
<표 42> 밸러스트수 처리 기술 비교	92

A Study on the Prevention Method of Environmental Hazard Material from Ship

- Focusing on the Non-Effectuated Marine Environmental Convention -

by kim, Byeong-Gon

Department of Maritime Police Science

The Graduate School of Korea Maritime University

Busan, Republic of Korea

Abstract

The protection of marine environment has been one of concerns in the maritime community. This dissertation identifies shipborn substances which are harmful to the marine environment and relevant international conventions regulating the discharge of those substances. The requirements stipulated in related conventions and preventive methods against pollution caused by shipborn harmful substances are especially the main focus of this study.

International Maritime Organization(IMO) has developed Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973(MARPOL 73/78). The Annex VI on Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships, which was adopted in

1997, will enter into force on 19 May 2005. IMO has also adopted International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships, 2001 and International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004.

As per regulations for the prevention of air pollution from ships, relevant governments and industries have been preparing for the implementation of its requirement since its adoption in 1997, by developing IMO compliant marine engines and low sulphur fuel oil. Hence, no problem is foreseen prior to the entry into force date of 19th May 2005.

However, the CO₂ matter has emerged as an issue to be dealt with in IMO because the United Nations Framework Convention on Climate Change has fulfilled the criteria for entry into force in November 2004. Therefore, it is envisaged that the regulation on CO₂ emission from ships will be materialized in the near future as the IMO is discussing this matter at Marine Environment Protection Committee in order to come up with emission requirements. Therefore, there is a need to develop equipment to lower CO₂ emission from ships by closely monitoring the global trend.

International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships was adopted on 5 October 2001. This convention will prohibit the use of harmful organotins in anti-fouling paints used on ships

from 1 January 2003. Korea has analyzed the harmful environmental effects of organotin compounds on marine environment and has restricted the use of harmful anti-fouling system on board all Korean flagged ships since 16 September 2004. This new measures will help reduce pollution caused by organotin compounds used in the anti-fouling system in territorial waters of Korea.

Even though the TBT-free anti-fouling paint has already been on the market, it is widely recognized that the less effective anti-fouling capability reduces the speed of ship. This is the reason why there has been a delay in the entry into force of the Convention. In this respect, Korea should develop TBT-free anti-fouling paint with high anti-fouling capability not only to ensure cost-effective operation of ships but to export such paints to other countries.

IMO adopted International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments on 13 February 2004 to prevent potentially devastating effects of the spread of harmful aquatic organisms carried by ships' ballast water. Since this convention is expected to be entered into force in 2009, equipment and provisions for ballast water treatment on board ship need to be developed in advance. Furthermore, the government should take necessary steps such as the establishment of a national law and the designation of discharging area, etc.

It is generally agreed that full implementation of international

convention on the protection of oil pollution and harmful substances pollution from ships have greatly contributed to protecting marine environment. It is therefore necessary to have good understanding on the recently adopted international convention such as regulations for the prevention of air pollution from ships, Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems and Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments for the protection of pristine marine environment.

제1장 서론

1.1 연구의 배경

선박은 여러 가지 자원을 소모하고 안전한 운항을 위해서 다양한 설비와 밸러스트수의 주입 등 매우 복잡한 요소들이 복합되어 운항을 하게 된다. 따라서 선박의 운항시 환경에 피해를 주는 물질의 배출을 피할 길이 없다. 특히, 근래에 이르러 해상 물동량 및 선박량의 지속적인 증가에 따른 해양오염 사고와 선박으로부터 배출되는 각종 오염물질은 해양환경과 나아가서는 지구 환경을 위협하는 심각한 문제로 대두되고 있다.

1992년 UN환경개발회의 의제21, 1995년 UN환경계획(UNEP)¹⁾의 워싱턴 회의 실천계획, 유엔해양법협약(UNCLOS)²⁾ 발효 등에 따른 범지구적 국제규범을 통해 연안국의 해양환경보호 의무가 지속적으로 강화되고 있는 추세에 있다. 이에 따라 국제해사기구(IMO)³⁾에 의해서 선박에 대한 각종 환경규제협약이 잇따라 발효되고 있다.

해양은 폐쇄적인 것이 아니고 개방된 지역으로 인접국가의 해양오염물질이 우리나라뿐만 아니라 세계의 어느 곳이든 영향을 미칠 수가 있으므로 우리의 독자적인 해양환경정책은 실효성을 얻기가 어렵다.

선박은 국내외적으로 항해를 할 수 있는 교통수단으로 우리나라 선박뿐만

1) United Nations Environment Program

2) United Nations Convention On The Law Of The Sea

3) International Maritime Organization

아니라 외국 선박이 우리 해역에 입항하여 운항중 환경위해물질을 배출할 수 있으므로 선박 해양환경 국제협약을 수용하여 우리의 실정에 맞는 규정을 제정하여 이를 준수한다면 우리의 바다를 깨끗이 보존될 수 있을 것이다.

따라서 선박으로부터 해양환경위해물질의 배출방지를 위하여 해양환경 국제협약의 이행사항 연구 및 최근에 채택되어 아직 발효되지 않고 있는 협약에 대한 대응방안에 대한 연구가 필요하다.

1.2 연구의 목적

선박의 운항으로 인한 해양환경위해물질의 배출이 심각해짐에 따라 각국의 해양과 더불어 전 세계인 지구의 환경을 보호하고자 국제협약을 채택할 필요성을 느끼게 되었으며, 세계적 규제는 제2차 세계대전 이전부터 거론되기 시작하였다. 1958년 3월 유엔 산하 국제기구로 출범한 국제해사기구는 해양의 환경보호를 위해 지속적으로 국제협약을 채택하였으며 주요협약은 다음과 같다.

- (1) 73/78 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)⁴⁾
- (2) 1972년 폐기물투기에 의한 해양오염방지협약(LC 1972)⁵⁾
- (3) 1990년 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 1990)⁶⁾
- (4) 2000년 유독 유해 물질에 의한 오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약 의정서(OPRC/HNS 2000)⁷⁾

4) Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973

5) Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972

6) International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation, 1990

7) Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances, 2000

- (5) 2001년 선박의 유해방오도료시스템 사용규제국제협약(AFS Convention 2001)⁸⁾
- (6) 2004년 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)⁹⁾

위의 국제협약 중에서 최근 채택되거나 발효 예정인 선박운항과 관련된 해양환경협약은 다음과 같다.

- (1) 선박으로부터 대기오염방지 규칙(MARPOL Protocol 1997 Annex VI)¹⁰⁾ :
1997년 9월 26일 채택 / 2005년 5월 19일 발효
- (2) 선박의 유해방오도료 시스템 사용 규제 국제협약(AFS Convention) :
2001년 10월 채택
- (3) 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004) : 2004년 2월 채택

이 세 가지 협약은 최근 채택되어 일부 국가 또는 지역에서 규제가 시작되고 있어 이에 대한 대처 방안 마련이 매우 시급하다고 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 선박으로부터 발생하는 환경위해물질을 분석하고, 이를 방지하기 위한 해양환경 국제협약을 종합하여 정리한 후, 최근 채택된 세 가지 주요 협약에서 규제하고 있는 선박대기오염물질 및 유해방오물질 배출방지와 선박 밸러스트수의 이동에 따른 토착해양환경의 교란 또는 파괴 방지에 대하여 연구하여 보다 깨끗한 우리의 해양을 보전하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

8) International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships, 2001

9) International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004

10) Annex VI of Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973(Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships)

제2장 선박으로부터 발생하는 환경위해물질 분석

2.1 선박운항과 환경위해물질

선박은 정상적으로 운항하는 가운데에서도 여러 가지 환경 위해물질을 발생시킨다. 선박에 기인하는 환경 위해 요소는 크게 공기중 방출물, 수중 방출물 그리고, 육상 방출물로 구분할 수 있다. 이를 다시 구분하고, 그 출처를 종합해 보면 다음과 같다.

<표 1> 선박에서 발생하는 환경위해 물질

구 분	위해 요소	출 처
공기중 방출물	CO2 SO2 NOx HC VOC CFC/Halon 분진 소음	기계장치, 소각기, 보일러 기계장치, 소각기, 보일러 기계장치, 소각기, 보일러 기계장치, 소각기, 보일러 적하역장치 소화장치, 냉각장치 기계장치, 소각기, 보일러 기계장치, 적하역장치
수중 방출물	기름 유수혼합물 독성물질 화학물질 하수 폐기물 외래생물	적하역장치, 탱크 유수분리기, 탱크 청소 선체표면 도장 탱크 청소 하수처리기 폐기물처리기 밸러스트수 처리시스템
육상 방출물	폐기물 침전물	생활 폐기물 밸러스트탱크

Lloyds 보고서에 의하면 선박의 기관에서 나오는 환경 위해물질의 방출량은 표 2와 같다. 한편 이 표에서는 전 세계에서 연간 방출되는 환경위해물질이 함께 정리되어 있는데, 이는 2000년 국제해사기구의 해양환경보호위원회(MEPC)¹¹⁾ 제44차 회의에서 발표된 표 3의 노르웨이 연구소(MARINTEK) 보고에 의한 것으로, 1996년 전 세계에서 사용된 병커유를 1억 3,800만톤으로 추정하여 도출한 결과이다.

<표 2> 기관으로부터 배출되는 환경위해 물질

구 분	Lloyd's 자료		MARINTEK 자료
	연료1톤당 배출량(kg)	동력1kW당 배출량(g)	연간 전세계 배출량(Mega-ton)
NOx	57-87	12-17	10.1-11.4
CO	7.4	1.6	0.7-1.1
HC	2.4	0.5	
CO2	3170	660	436-438
SO2	20 × 연료 황함유율(%)	4.2 × 연료 황함유율(%)	5.2-7.8

표 3의 MARINTEK 자료에 의하면, 각종 기관에서 나오는 환경 위해물질의 방출량은 다음과 같다.

<표 3> 각종 기관으로부터 발생하는 환경위해 물질

디젤종류	NOx(g/kWh)	CO(g/kWh)	분진(g/kWh)
저속 디젤	19	0.4	0.6-1
중속 디젤	8-22	0.5-2	0.2-0.5
고속 디젤	2.5-8	0.5-2	0.2-0.3
고속 디젤 전기	2.3-4.4	-	-
중속 디젤 전기	15-18.6	-	-
가스 터빈	0.2-0.8	-	-
스팀 터빈	23-34.5	-	-

11) Marine Environment Protection Committee

상기 자료는 기관과 연료의 특성으로부터 직접적으로 도출한 것으로, 실제의 방출량을 추정하기에는 미흡한 자료라고 판단된다. 보다 정확한 통계를 알기 위해서는 기관 방출량 등의 자료가¹²⁾ 필요하다.

2.2 배출원별 환경위해물질 저감기술

선박에 기인하는 환경 위해물질을 저감시키는 데에는 새로운 장비 기술과 운항 조건의 변화를 들 수 있다. 장비 기술로는 소모 동력의 저감을 비롯하여 각종 방출물의 저감 기술 그리고 우수 연료 및 환경친화 재료의 사용 등이 있다. 운항조건의 변화로는 선속 감소를 비롯하여 각종 장비의 최적 운전 조건 등을 들 수 있겠다.

주요 위해물질에 대한 저감 방법을 간략히 종합하면 다음과 같다.

<표 4> 주요 환경위해물질의 저감 방안

구분	위해 물질	저감 방법
공기중 방출물	SO ₂	저유황연료, 탈황장치
	NO _x	탈질장치, 기관 개선 및 전후 처리
	휘발성 유기화합물	Sequential Loading, Vapor Return, Recovery Plant
	분진	집진기
수중 방출물	유수혼합물	유수분리장치, 정화장치
	독성 물질	친환경 물질 사용
	하수	하수처리장치
	외래생물	밸러스트수 교환 및 처리

12) 기관의 각 요소별 방출량 자료, 운용 선단의 상세 자료, 선박의 항해 자료, 해운 운항 자료

위의 저감방법들의 저감효율은 모두 경제성과 연관지어 검토되어야 한다. 한 예로서, 공기중 방출물에 대한 각종 저감 방법을 비교해 보았다.

<표 5> 공기중 방출물의 저감방안

구분	위해물질	방법별 저감 효율
공기중 방출물	CO2	1-40% : 속력 등 운항조건 개선 3-7% : 기관 개선 70-80% : 저유황 연료 사용
	NOx	80-90% : SCR 장치 적용 10-30% : 연소조건 조정 20-30% : 기관 개조
	휘발성 유기화합물	30-60% : Sequential Loading, Vapor Return 70-90% : Recovery Plant
	분진	25-60% : 정전기 필터

선박이 정상 항해중에 발생시키는 환경위해물질들에 대한 저감기술을 장비별로 검토하여 보면 다음과 같다.

2.1.1 주기관 및 보기기관

<표 6> 주기관 및 보기기관의 환경위해물질 저감기술

발생원	위해물질	저감 가능성	저감기술	비고
연소기	NOx	매우 큼	기관 개선, 촉매 작용, 배기가스 순환, 연소중 수분 추가	연구 활발 성공 사례 많음
	SOx	매우 큼	저유황 연료 Seawater Scrubbing	연구 활발 성공 사례 많음
	CO	보통	기관 조정, 공기흡입 개선 산화 반응 장치	-
	CO2	보통	효율 향상, 우수 연료종류 선정, 운항조건 최적화	그린하우스 가스 제한에 쫓김
	HC	보통	기관 조정, 산화 반응 장치	발생량 적음
	PM	큼	필터, Seawater Scrubbing Water Emulsion	선박에의 적용 실적 적음

2.2.2 가스 터빈

<표 7> 가스터빈의 환경위해물질 저감 기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
연소기	NOx	매우큼	저온 가동 버너 개선 촉매 작용	-
	SOx	작음	저유황 연료	-
	CO	매우작음	촉매 작용	발생량 적음
	CO2	보통	효율 향상	NOx에 큰 영향
	HC	매우작음	촉매 작용	발생량 적음
	PM	큼	터빈 조정, 필터 Seawater Scrubbing	-

2.2.3 보일러

<표 8> 보일러의 환경위해물질 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
연소기	NOx	큼	버너 개선 Selective Non Catalytic Reduction	선박에의 적용 실적 적음
	SOx	큼	저유황 연료 Seawater Scrubbing	-
	CO	미상	촉매 작용	-
	CO2	보통	효율 향상	-
	HC	미상		-
	PM	작음	필터 Seawater Scrubbing	-

2.2.4 선박벨러스트수

<표 9> 벨러스트수의 해양생물체 이동방지 기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
벨러스트수	외래생물 및 침전물	매우 큼	관리방법 개선 교환 시스템 필터 및 원심분리처리열 및 자외선 처리 살생제 처리 침전물 처리	IMO 협약서 완성, 가이드라인 작성중 2009년부터 처리 필요 기준 강화로 인해, 살생제 처리가 필수
	유수혼합물	매우 큼	격리탱크 유수분리기	-

2.2.5 선박의 에어컨 및 냉장고

<표 10> 에어컨 및 냉장고의 환경위해물질 배출방지 기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
냉각기	CFC, HCFC	매우 큼	신형식 소량 가동 간접 냉각 방식 암모니아 및 CO2 전환 모니터링 HFC로의 전환	-
	HFC	큼	신형식 소량 가동 간접 냉각 방식 암모니아 및 CO2 전환 모니터링	-
	NH3, CO2	작음	모니터링	-

2.2.6 선박의 화물창 관리

<표 11> 화물창으로 발생하는 환경위해물질 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
증발	VOC	매우 큼	운용 방식 Sequential Loading COW 감소 Recovery Plant	-
부유물	기름	큼	운용방식 및 훈련 격리탱크 시스템 조정	-
	화학물	미상	운용방식 및 훈련 격리탱크 시스템 조정	-
부착 잔유물	각종 화물찌꺼기	-	-	화물 종류에 따라 다름

2.2.7 빌지수, 기관 및 펌프실

<표 12> 빌지수·기관·펌프실로부터 발생하는 환경위해물질 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
기름	윤활유, 유압유 찌꺼기	매우 큼	운용 방식 Sequential Loading COW 감소 Recovery Plant	-
유수 혼합물	-	매우 큼	운용방식 침전물 탱크 증대	-

2.2.8 방화 기기

<표 13> 선박 방화기기의 환경위해물질 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
기체 방화제	할론가스	매우 큼	CO2 , Inergen, Argon, Haloyron II, 물안개 등으로의 전환	-
	CO2	보통	Inergen, Argon, Haloyron II, 물안개 등으로의 전환	-
액체 방화제	배출액	-	-	-

2.2.9 불활성 가스 시스템

<표 14> 불활성 가스시스템의 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
기체 불활성가스	N2, CO2	작음	효율 향상	-
액체 불활성가스	PM	큼	새로운 연료	-

2.2.10 선체 표면에서 발생하는 환경위해물질

<표 15> 선체표면에서 발생하는 환경위해물질의 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
방오 도료	TBT	매우 큼	새로운 방오도료	이미 개발 완료, 적용중
	구리	보통	환경친화 제품	새로운 환경친화 도료 개발중

2.2.11 선박에서 발생하는 하수

<표 16> 선박에서 발생하는 하수의 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
하수	-	매우 큼	하수 처리장치 하수 보관탱크 육상 배출 과정	-

2.2.12 폐기물

<표 17> 선박에서 발생하는 폐기물의 저감기술

발생원	위해물질	저감가능성	저감기술	비고
폐기물	유리, 금속, 음식물	매우 큼	폐기물 처리장치 폐기물 처리 방법 폐기물 분류 육상 배출과정	-

제3장 해양환경 국제협약

3.1 해양환경 국제협약의 개요

해양오염은 오존층 파괴, 지구 온난화, 생물다양성 감소, 내분비계 교란물질 등과 함께 전 지구적으로 가장 중요한 환경문제의 하나이다. 특히 개방적이고 유동적인 특성을 가진 해양에서의 환경문제는 그 해결을 위해서 지역적, 지구적 협력이 긴요하며, 이에 178개국 정상과 대표들이 참석한 가운데 1992년 브라질 리우데자네이루에서 개최한 유엔환경개발회의(UNCED)에서는 Agenda 21중 제17장을 통하여 해양 및 연안해역이 보전되고 적절하게 관리될 수 있도록 새로운 대책 모색과 해양생태계에 대한 현명한 이용방안을 마련함에 있어 지역, 국가, 지구적 차원의 연대 중요성을 강조하기도 하였다.

국제적 차원에서 해양환경 보전을 위한 국가간 협력활동은 보통 국제협약(Convention)이나 의정서(Protocol)에 기반하여 이뤄진다. 최근에 채택된 해양환경 관련 국제협약으로서는 1994년에 발효된 유엔해양법협약(UNCLOS)이 있는데, 여기에서는 각 협약 당사국에게 해양환경보호를 위한 협력의무를 부과하고 있다. 아울러 의제 21의 해양부문인 제17장을 구체화하기 위해 해양오염의 중요한 원인을 육상활동으로 규정하고 이의 구체적 행동계획으로 육상기인 오염 방지를 위한 전 지구적 실천계획(GPA)과 함께, 유엔환경계획(UNEP)의 주관하에 동 계획의 구체적 실천으로서 육상기인 오염원 중에서 가장 중요한 관리대상인 지속성 유기오염물질(POPs)¹³⁾을 관리하기 위해

13) 지속성 유기오염물질 (persistent organic pollutants)란 인간에 의하여 만들어진 유기 화합물 중, 환경에 유입되어 분해되지 않고 오랫동안 남아 생태계에서 먹이 사슬에 의해 순환되는 물질을 말하여 유기 염소계 살충제 등이 있다. 지속성 유기오염물질은 독성과 잔류성이 높아 생물체 내에서 수 십 배 내지 수 백만 배 까지 농축될 수 있다.

2001년 5월에 채택된 스톡홀름협약 등이 중요한 해양환경 관련 국제협약들의 사례로 꼽을 수 있다.

국제해사기구(IMO)가 주관하여 채택한 해양환경 관련 협약들은 특히 선박기인 오염 저감을 위해서 중요한 의미를 갖는다. 1958년 3월 유엔 산하 국제기구로 정식 출범한 국제해사기구는 선박의 안전과 해양오염 관리를 위한 여러 활동들을 수행하고 있는데, 1972년 폐기물투기에 의한 해양오염방지협약(LC 1972)을, 그리고 선박으로부터 발생하는 해양오염을 방지하기 위해 1973년 런던에서 해양오염방지협약(78년에 개정, MARPOL 73/78)을 채택하였다. 아울러 1990년에는 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 1990)을, 2000년에는 유독 유해 물질에 의한 오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약 의정서(OPRC/CO2 2000)를 채택하는 등 선박에서 발생하는 해양오염을 적극 규제하기 위한 여러 활동들을 수행하고 있다. 또한 국제해사기구는 2001년 10월에 선박, 어망·어구 및 해양구조물의 생물부착방지용 TBT¹⁴⁾ 함유 방오도료를 규제하기 위하여 선박의 유해 방오페인트 규제협약을 채택하였고, 선박의 밸러스트수와 침전물의 관리·통제를 통해 유해한 외래 생물종의 지역간 이동을 예방하고 제거할 목적으로 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약을 2004년 2월 13일 외교회의에서 채택하였다.

위와 같이 해양환경을 보전하기 위해 채택된 국제협약들은 보통 오염피해를 저감하고 환경 지속성을 증진시키기 위하여 기존의 해양이용 형태를 제약하거나 이용 형태에서 친환경성을 강화하는 법적 구속력 있는 규제사항을 포함하고 있다. 따라서 새로이 형성되는 국제적인 해양환경 관련 협약체제와 규제수준에 적응하지 못할 경우에는 각각의 협약상에서 규정하는 여러 불이

14) TBT(Tributyl-tin)는 주로 살생물질로 이용되는 유기주석화합물의 일종으로 1960년대 말부터 선박, 어망·어구 및 해양구조물의 생물부착 방지용 防汚塗料(anti-fouling paint)로 사용되며, 페인트에 화학적으로 결합되어 있다가 水化(hydrolysis)에 의해 서서히 용출됨으로써 선박 밑면에 생물들이 붙지 못하게 함

익들, 예를 들면 해당선박의 자국으로의 입항금지 등을 받게 되는데, 이는 해양기반 제반 경제·산업 활동에 큰 손실을 유발하게 된다.

이와 관련 국제협약 체제하에서 국제적으로 각국의 환경규제에 적극적으로 대응하고 자국내 환경문제의 해결, 관련 환경산업의 국제적 비교우위 확보를 위해 친환경적 기술 개발이 적극적으로 추진되어야 하는 바, 기술개발을 수행함에 있어 국제협약의 도출배경, 내용 및 규제사항 등에 대한 상세한 검토를 토대로 관련 기술개발이 진행되어야 한다.

결국 관련 국제협약에서 요구하는 친환경적 기술은 해양 환경보호에 기여할 뿐만 아니라 경제적 측면에서도 고부가가치를 보장하는 선진기술의 요체라 할 수 있으며, 이에 국제협약의 동향에 발맞춰 친환경성을 앞으로의 연구개발을 위한 새로운 패러다임의 하나로 설정할 필요가 있다 하겠다.

3.2 해양환경관련 국제협약의 주요 현황

국제해사기구(IMO) 및 UN환경계획(UNEP) 등을 중심으로 하여 추진되었거나 추진중인 해양환경관련 주요 국제협약들의 종류, 도출배경, 내용, 규제사항 등을 종합적으로 검토하고자 한다.

3.2.1 해양환경관련 국제협약의 종류

2004년 10월 현재 채택되어 발효 중인 기존의 해양관련 주요 국제협약들은 다음과 같다. 이들 협약의 전문, 요약, 가입국, 발효일 등은 미국 Columbia 대학의 ENTRI¹⁵⁾ 프로그램에서 찾아 볼 수 있다¹⁶⁾.

15) Environmental Treaties and Resource Indicators

16) <http://sedac.ciesin.columbia.edu/entri/>

(1) 해양 분야 협약

- 1982년 유엔해양법협약 (United Nations Convention on the Law of the Sea : UNCLOS, 12/10/82 채택)
- 1958년 대륙붕 협약(Convention on the Continental Shelf 4/29/58 채택)
- 1958년 공해에 관한 협약(Convention on the High Seas 4/29/58)
- 1958년 공해의 어류 및 생물자원 보존에 관한 협약(Convention on Fishing and Conservation of the Living Resources of the High Seas 4/29/58)

(2) 기름 및 기타물질에 의한 해양오염

- 기름에 인한 해양오염 방지를 위한 국제협약(International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil(as amended on 11 April 1962 and 21 October 1969) 5/12/54)
- 1973년 해양오염방지협약(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 11/2/73)
- 유류이외의 물질에 의한 오염사고시 공해상 개입에 관한 1973 의정서(Protocol Relating to Intervention on the High Seas in Cases of Pollution by Substances Other than Oil 11/2/73)
- 해양오염방지협약의 1978년 의정서(Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973)
- 긴급시 기름 및 기타 유해물질에 의한 오염방제를 위한 지역협력에 관한 의정서 (Protocol Concerning Regional Cooperation in Combating Pollution by Oil and Other Harmful Substances in Cases of Emergency 4/24/78)
- 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation 11/29/90)

- o 유독 유해 물질에 의한 오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약 의정서
(Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to pollution Incidents
by Hazardous and Noxious Substances, 2000, 3/15/00)
- o 선박의 유해방오도료 시스템 사용 규제 국제협약(The International Convention
on the control of harmful anti-fouling systems on Ships 10/5/01)

(3) 기름오염에 대한 보상관련

- o 1969년 유류오염사고시 공해상 개입에 관한 협약(International Convention
Relating to Intervention on the High Seas in Cases of Oil Pollution
Casualties 11/29/69 : 1969년 중재협약)
- o 1969년 유류오염손해에 대한 민사책임에 관한 협약(International Convention
on Civil Liability for Oil Pollution Damage London 11/29/69, as amended 19
November 1976 and 25 May 1984)
- o 심해저 광물자원의 탐사 및 개발로 인한 기름오염 피해에 대한 민사책임협약
(Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage Resulting from
Exploration for and Exploitation of Seabed Mineral Resources 5/1/77)
- o 유류오염손해보상을 위한 국제기금설치에 관한 협약(International Convention
on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil
Pollution Damage 12/18/71, as amended 19 November 1976 and 25 May
1984)

(4) 해양오염에 관한 지역협약

- o Convention for the Prevention of Marine Pollution by Dumping from Ships
and Aircraft (as amended) 2/15/72(오슬로협약)

- o Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area 3/22/74
- o Protocol for the Prevention of Pollution of the Mediterranean Sea by Dumping from Ships and Aircraft 1976
- o Protocol Concerning Cooperation in Combating Pollution of the Mediterranean Sea by Oil and Other Harmful Substances in Cases of Emergency 2/2/76
- o Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution 2/16/76
- o United Nations Convention on the Law of the Sea 12/10/82 Convention for the Protection and Development of the Marine Environment of the Wider Caribbean Region 3/24/83
- o Protocol Concerning Cooperation in Combating Oil Spills in the Wider Caribbean Region 3/24/83
- o Supplementary Protocol to the Agreement on Regional Cooperation in Combating Pollution of the South-East Pacific by Oil and Other Harmful Substances in Cases of Emergency 7/22/83
- o Protocol for the Protection of the South-East Pacific Against Pollution from Land-based Sources 7/23/83
- o Agreement for Cooperation in Dealing with Pollution of the North Sea by Oil and Other Harmful Substances 9/13/83
- o Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution from Land-based Sources 5/17/80

3.2.1 해양환경 보전을 위한 국제협약의 주요 흐름

해양환경에 관한 국제적 노력은 1920년대부터 선박으로부터의 기름·원유의 배출규제에 대한 논의를 그 시초로 볼 수 있다.

1926년 미국은 해양으로의 유류유출 문제를 토의하기 위한 국제회의를 Washington에서 개최한 바 있다. 이어서 1934년에는 영국이 이 문제를 국제연맹에 제의하여 전문가위원회에서 검토하기로 합의를 보아 1935년 동 위원회는 국제회의에 제출할 협약초안을 작성하였다.

그러나 독일, 이탈리아, 일본 등 3국이 참석하지 않아 회의가 열리지 않은 채 제2차 대전을 맞았다. 제2차 대전이 끝나자 이 문제를 인계받은 국제연합은 이를 IMCO¹⁷⁾에서 처리할 예정이었으나 당시는 아직 IMCO가 성립되지 않았던 관계로 이 문제에 특별한 관심을 갖고 있던 영국 정부가 유엔과 연락을 취한 뒤 관계국을 소집하여 1954년 4월 26일부터 5월 12일까지 런던에서 기름에 의한 해양의 오염에 관한 국제회의를 열고 1954년의 기름에 의한 해양의 오염방지를 위한 국제협약(OILPOL 1954)이 채택되었다. 이 회의의 참가국은 32개국이고 서명국은 20개국이었으며 심의의 기초가 된 것은 영국정부가 제출한 포오크너(Faulkner)보고와 기타의 각서였다.

이 협약은 1958년 7월 26일에 발효하였다. 그 뒤 이 협약의 규제만으로는 불충분하다 하여 1962년에 1954년 협약의 개정조항이 채택되었다. 이 개정은 1967년 5월에 발효하였는데 규제대상인 유조선의 총톤수 150톤 이상으로 하고 기름의 배출금지해역을 확대하는 등 전반적인 규제를 강화하였다. 그 뒤 1967년 3월 118,000톤의 원유화물 중 절반을 유출시킨 총톤수 6만톤급 유조선 토리 캐니언(Torrey Canyon)호 사건에서 보는 바와 같은 대량의 기름유

17) Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, 현재의 국제해사기구의 전신. 1982년 IMO로 개칭되었으며, IMCO 설치협약은 1958년에 발효되었으나 1959년부터 정식 운영됨

출사고로 말미암아 해양의 오염은 국제적으로 급속하고 광범위하게 진행하여 이제까지의 국제협약만으로는 해양의 오염을 방지하기가 불가능하게 되었다.

이리하여 1969년 10월에 1954년의 기름에 의한 해양의 오염방지를 위한 국제협약을 개정하는 1969년의 개정협약(OILPOL)¹⁸⁾과 1969년의 기름오염사고의 경우에 있어서의 공해상의 개입에 관한 국제협약¹⁹⁾이 제정되었다. 1969년의 이들 두 협약은 체약국의 3분의 2 이상이 수락한 날로부터 12개월이 지난 뒤 모든 체약국에 대하여 발효하기로 되어 있어, 전자는 1978년 1월 20일에야 비로소 발효하였고, 후자는 1975년 5월 6일에 발효하였다. 또 1971년에는 오스트레일리아의 Great Barrier Reef를 보호하기 위한 개정과 해양사고가 발생했을 경우 선박으로부터 흘러나오는 기름의 양을 최소한으로 줄이기 위하여 탱크의 크기를 제한하는 전자의 개정이 이루어졌는데 이 1971년의 개정은 끝내 발효하지 않았다.

1954년의 기름에 의한 해양의 오염방지를 위한 국제협약(OILPOL 1954)에 대하여 개정이 거듭되는 동안에도 기름의 해상 운송량과 유조선의 수는 엄청나게 증가하였고 또 해상을 통하여 운송되는 화학물질은 점점 늘어나서 1954년의 협약으로서는 도저히 해양의 오염을 방지하기에 부적당하다는 생각이 들었기 때문에 1969년의 IMCO 총회에서는 완전히 새로운 협약을 심의하기 위한 국제회의를 소집하기로 결의하였다. 이 결의에 의거한 회의가 1973년 10월에 런던에서 소집되었다.

1973년 해양오염방지협약(MARPOL 1973)²⁰⁾은 해양오염을 방지하기 위하여 이제까지 채택된 것 중에서 가장 야심적인 국제협약으로서 기름뿐만 아니

18) The 1969 Amendments to the International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, 1954 : OILPOL

19) The International Convention relating to Intervention on the High Seas in cases of Oil Pollution Casualties, 1969

20) International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 : MARPOL 1973

라, 육지에서 발생한 폐기물을 바다에 투기하는 것²¹⁾을 제외한 모든 형태의 해양오염을 규제하고 있다.

1973년 해양오염방지협약은 신속하게 시행되기를 희망하였으나 몇 가지 기술적인 이유와 재정적인 부담 때문에 이 협약을 비준한 나라가 극소수에 불과하고 가까운 장래에 발효될 전망이 보이지 않게 되자 1978년에 개최된 유조선의 안전과 오염방지에 관한 국제회의(TSPP)²²⁾에서는 1973 해양오염방지협약(MARPOL 1973 협약)에 대하여 크게 수정을 가하여 해양오염방지협약의 1978년 의정서(1978 Protocol)를 성립시켰는데 이것이 이른바 73/78 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)이다.

이 의정서는 1973년 MARPOL 일부를 수정하는 한편 수정하지 아니한 부분도 모두 받아들인 것으로서, 결과적으로 모 협약인 1973년 MARPOL 협약을 흡수한 1개의 문서로 보아야 한다. 따라서 이 MARPOL 의정서를 보통 MARPOL 73/78이라고 부른다.

1980년대에 들어와서 세계 각지에서 대규모 유조선 유출사고가 발생하였으며, 특히 1989년 3월 24일에 일어난 엑손발데즈(Exxon Valdez)호 유조선 사고에 의한 해양오염은 3만7천톤 유출유에 알래스카의 1,000여 마일 해안선에 대한 초대형 환경파괴를 유발하였다. 이에 자극을 받은 미국은 유조선유류오염에 관한 법률(OPA 1990²³⁾)을 제정하였다. 그 내용은 1990년 7월 1일 이후 건조 계약되는 모든 유조선이 미국의 해역에 들어오려면 이중선체구조를 갖추도록 요구하고 있다. 한편 국제해사기구(IMO)의 해양환경보호위원회(MEPC)도 MARPOL 73/78을 보완 강화하기 위한 작업을 벌여 1992년 3월 6일에 관련 부속서를 개정하였다. 그 내용은 1993년 7월 6일 이후에 건조 계

21) 바다에 투기하는 것은 1972년의 해양투기방지협약에 의하여 금지됨

22) International Conference on Tanker Safety and Pollution Prevention

23) Oil Pollution Act of 1990

약되는 모든 유조선은 이중선체구조 또는 이와 동등한 구조를 갖추 것을 요구하고 있다.

아울러 대형 유출사고가 발생할 경우 일부 지역이나 단일 국가의 능력만으로는 방제가 역부족일 수밖에 없다는 사실에 입각하여 국제해사기구(IMO)에서는 사고 발생후 신속하고 효과적인 방제조치를 수행하여 그 피해를 최소화하기 위한 범국가적, 전지구적 차원의 기름유출사고에 대한 대비 및 대응 체제를 구축하기로 하였다. 1989년 10월 미국측의 제안에 의거하여 국제해사기구의 해양환경보호위원회(MEPC) 주도로 협약안을 작성하고 이후 몇 차례의 준비회의를 거쳐 최종적으로 1990년 11월, 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 1990)을 채택하여 1995년 5월 13일에 발효시켰다.

유류 이외에 벤젠, 톨루엔, 포르말린 등 인체 및 환경에 치명적인 2,300여종의 유해화학물질(HNS)²⁴⁾에 의한 유출사고의 심각성이 점차 증가함에 따라 이에 대한 국제적 대비 및 대응, 협력체제 구축의 필요성이 제기되었다.

1996년에 국제해사기구는 유독 유해 물질의 해상운송에 따른 손해배상책임에 대한 국제협약(HNS Convention 1996)²⁵⁾을 채택하기도 하였다. 아울러 2000년 3월에 유류를 대상으로 한 OPRC 1990 협약의 원칙에 의거하여 유해화학물질 유출사고에 대한 국제적 차원의 대비 및 대응, 협력 체제를 구축토록 하는 유독 유해 물질에 의한 오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약 의정서(OPRC/HNS 2000)를 채택하기도 하였다.

유류나 유해화학물질 유출사고에 의한 해양오염 이외에도, 기타 유해물질에 의한 해양오염 규제를 위한 노력도 국제해사기구를 중심으로 진행되었다. 특히 TBT 함유 방오도료가 해양생물에게 미치는 악영향을 인식하고, 세계적

24) Hazardous and Noxious Substances

25) International Convention on Liability and Compensation for Damage in Connection with the Carriage of Hazardous and Noxious Substances by Sea, 1996

인 해양환경보전의 관점에서 TBT선저도료의 선박에의 사용을 규제하기 위한 노력이 1980년대 초반부터 진행되어 1982년 프랑스가 TBT 함유율이 0.4% 이상인 페인트를 사용 금지하였으며, 이후 영국, 캐나다, 아일랜드, 미국, 노르웨이, 일본, 덴마크, 호주, 스위스 및 독일 등이 TBT 페인트의 생산 또는 선박에서의 사용 금지 등의 조치를 취하여 TBT로부터의 해양생태계를 보호하기 위한 노력을 기울여 왔다. 1990년대부터는 국제협약을 통해 전 세계에서 TBT 페인트의 사용을 금지하고자 하는 노력이 시작되어 2001년 10월 5일 국제해사기구(IMO) 외교회의에서 최종적으로 2001년 선박의 유해방오도료 시스템 사용 규제 국제협약이 채택되기도 하였다. 본 협약에 의거하여 2003년부터는 TBT 사용이, 2008년부터는 TBT의 선체 잔존조차 금지된다.

선박의 밸러스트수에 의한 해양생물체가 이동됨에 따라 도착해양생물체가 교란되거나 파괴되는 것을 방지하기 위하여 1993년 관련 지침을 제정하는 등의 준비를 거쳐 1994년 2월 13일 국제해사기구 외교회의에서 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)을 채택하였다. 이 협약에서는 2009년 적용을 목표로 2009년 이후 건조선박은 밸러스트수처리 설비를 설치하도록 하였고 2009년 이전 건조선박은 깨끗한 해수를 교환하여 입항하도록 하고 있다.

3.2.3 주요 해양환경 관련 국제협약의 주요 내용

(1) 73/78 해양오염방지협약 (MARPOL 73/78)

- 협약원명 : Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973.
- 채택(발효) : 1978. 2. 17(1983. 10. 2)

- 목 적 : 선박으로부터의 해양오염방지
- 관련국내법 : 해양오염방지법
- 적용범위 : 협약 당사국의 국기를 게양할 자격이 있는 선박 또는 그 권한에 운항되고 있는 선박에 적용되나 각 부속서 별로 적용대상에 다소 차이가 있다. 다만, 군함, 국가소유의 선박으로서 비상업용 목적에만 사용되는 선박에는 적용하지 아니한다.

해양환경보전을 위해 가장 큰 역할을 수행하고 있는 대표적 국제협약인 MARPOL 73/78은 정부의 일반적 의무 등을 규정하는 9개 조문의 본문과 6개의 부속서로 되어 있으며, 기술적인 사항은 모두 부속서에 규정되어 있다.

- 부속서 1 : 기름에 의한 오염방지를 위한 규칙

MARPOL 73/78에서 가장 중요한 부분이 선박으로부터 기름의 배출을 규제하고 있는 부속서 1이다. 규제대상은 모든 형태의 석유류인데 원유, 중유, 슬러지(sludge), 폐유 및 정제유²⁶⁾이다. 이 부속서에 따라 해양에 대한 기름의 배출은 특별한 조건을 충족시키지 아니하는 한 금지된다.

한편, 각 당사국 정부는 선박의 유성잔류물 및 유성혼합물을 수용하기 위한 수용시설(Reception facilities)을 확보하여야 한다. 이를 이용하는 선박이 부당하게 지연되는 일이 없도록 적절한 용량의 것이어야 하며 부속서 제12규칙에서는 수용시설이 필요한 항구의 유형과 용량이 규정되어 있다.

또 유수혼합에 의한 유성밸러스트의 문제를 해결하기 위하여 유조선에는 분리밸러스트 탱크를 설치하고, 양하중 원유에 의한 탱크청소를 위한 원유세정(Crude Oil Washing) 장치를 설치토록 하였으며, 유성 밸러스트위에 원유를 적재하는 방식, 즉 Load-on-Top System을 도입하였다.

²⁶⁾ 부속서 II에 의한 석유화학물질(Petrochemicals)은 제외

또한 선박의 구조, 설비, 장치가 이 부속서에 적합한지 여부를 확인하기 위하여 총톤수 150톤 이상의 모든 유조선과 총톤수 400톤 이상의 모든 선박은 주관청의 초기검사 및 정기검사를 받고 국제기름오염방지증서(IOPP 증서²⁷⁾)를 교부받아야 한다. 기름배출감시제어장치, 유수분리장치, 이와 관련된 펌프와 파이프의 시스템에 대하여는 중간검사를 받은 뒤 IOPP 증서²⁸⁾에 배서를 받아야 한다.

- 부속서 2 : 산적된 유해액체물질에 의한 오염규제를 위한 규칙

유해액체물질이라 함은 해양생물 혹은 인간의 건강에 미치는 위해 또는 해독에 따라 A류(category)로부터 D류²⁹⁾로 분류되어 있다.

A류의 물질 또는 A물질을 함유하는 밸러스트수, 탱크세정수, 기타의 잔류물 혹은 혼합물은 해양에의 배출이 금지되며, B류 내지 D류에 속하는 물질 혹은 이들의 함유물은 선박이 7노트 이상으로 항행중이며 육지에서 12해리 이상 떨어진 곳에서 배출하는 등 일정한 요건을 충족시키는 경우에만 해양에 배출할 수 있다.

이 부속서는 그밖에도 운송물질의 종류에 따라 탱크와 파이프의 세정, 세정수의 수용시설에의 배출, 화물기록부에의 기재에 관하여 규정하고 있다. 또한 유해액체물질은 산적 운송하는 선박은 정기검사 또는 중간검사를 받고 유해액체물질의 산적운송을 위한 국제오염방지증서(NLS³⁰⁾ 증서)를 발급받아야 하며 중간검사 시행후 NLS증서에 배서를 받아야 한다.

27) International Oil Pollution Prevention Certificate

28) 정기검사는 5년, 중간검사는 30개월을 넘지 않는 간격으로 시행하여야 함

29) 해양에 배출된 경우 A류는 해양자원이나 인체에 막대한 위해를 미치는 유해액체물질이며 D류는 인식이 가능한 경미한 위해를 미치는 유해액체물질을 말한다.

30) International Pollution Prevention Certificate for the Carriage of Noxious Liquid Substances In Bulk

- 부속서 3 : 포장된 형태로 선박에 의하여 운송되는 유해물질에 의한 오염 방지를 위한 규칙

이 부속서는 포장된 형태로 또는 화물컨테이너, 포터블탱크 또는 도로용 또는 철도용 탱크차에 넣어서 해상으로 운송되는 유해물질에 의한 오염을 방지하기 위한 규칙이다. 여기에서는 유해물질의 포장, 표시 및 표찰, 서류작성, 적부방법, 적재수량의 제한에 관한 일반적 요건을 규정하고 있다.

- 부속서 4 : 선박으로부터의 하수에 의한 오염방지를 위한 규칙

이 부속서에 따라 선박이 항해중이며 일정한 배출율에 따르는 등의 요건을 지키지 아니하면 선박으로부터의 하수배출은 금지된다. 분쇄하고 소독한 하수를 배출하기 위해서는 선박이 가장 가까운 육지로부터 4해리 이상 떨어져 있어야 하며, 분쇄하지 아니하거나 소독하지 아니한 하수를 배출하기 위해서는 12해리 이상 떨어져 있어야 한다. 규제대상 선박은 설비, 비품 등에 대하여 초기검사와 정기검사를 받아야 하며 국제하수오염방지(ISPP 증서³¹⁾)가 교부되어야 한다.

- 부속서 5 : 선박으로부터의 폐기물에 의한 오염방지를 위한 규칙

이 부속서는 합성로우프, 플라스틱, 음식찌꺼기 등의 각종 폐기물에 의한 오염을 방지하기 위한 규칙이다. 정부는 항구 및 터미널에 폐기물 처리를 위한 수용시설을 갖추어야 한다. 선박은 검사를 받고 국제폐기물방지증서(IGPP 증서³²⁾)를 교부받고 중가검사 수행후 IGPP 증서에 배서를 받아야 한다.

- 부속서 6 : 선박으로부터 대기오염방지 규칙

31) International Sewage Pollution Prevention Certificate

32) International Garbage Pollution Prevention Certificate

본 규칙은 선박으로부터 대기오염을 방지하기 위하여 각종 설비 설치하거나 오존층파괴물질, 질소산화물, 황산화물 등의 대기오염물질 배출이 금지되거나 기준치 이하로 제한된다. 선박은 최초검사, 정기검사, 중간검사 및 임시검사를 받고 국제대기오염방지증서(IAPP)³³⁾를 교부받고 중간검사시 IAPP증서에 배서를 받아야 한다.

MARPOL 73/78은 1984년부터 1997년 현재까지 총 25건에 걸쳐 지속적인 보완·개정을 거쳐 현재까지 국제적인 해양환경 보전에서 가장 큰 역할을 하고 있다. 주요 개정내용은 다음과 같다.

<표 18> MARPOL 73/78 주요개정 내용

개정년도	주요 내용
1984년 개정	부속서 1의 특별해역기준강화와 일부 시설기준 완화
1985년 개정	부속서 2의 화물 스트립핑 요건강화 및 살적화물코드의 강제화 등
1985년 개정	부속서 1의 보고요건 및 내용 조정
1987년 개정	부속서 2의 부록 2/3에 새로운 코드추가
1989년 개정	부속서 2의 IBC, BCH Code 개정 등(1989년 3월) 부속서 1의 특별해역 조정 등(1989년 10월)
1990년 개정	부속서 1, 2 및 HSSC 관련 개정 부속서 1의 IBC, BCH Code 개정 등
1991년 개정	부속서 1의 IOPP 증서 및 특별해역 추가
1992년 개정	유조선의 이중선체 의무화 및 Phasing out 배출강화
1997년 개정	부속서 6 선박으로부터 대기오염방지 규칙 추가

33) International Air Pollution Prevention Certificate

(2) 1972년 폐기물투기에 의한 해양오염방지협약(LC 1972)

- 협약원명 : Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972
- 채택(발효) : 1972. 12. 29(1975. 8. 30)
- 목적 : 해양투기에 의한 해양오염방지
- 관련국내법 : 해양오염방지법, 폐기물관리법, 하수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률, 수질환경보전법
- 적용범위 : 선박, 항공기 및 해상구조물(platform)

영국, 서독, 미국, 벨기에 등 선진공업국가들은 산업발전과 도시화과정에서 발생하는 막대한 양의 산업폐기물(Industrial Wastes), 하수오염(Sewage Sludge), 준설폐기물(Dredged Material), 방사성폐기물(Radioactive Wastes) 등을 처리하기 위한 수단으로 1940년대부터 이들 폐기물을 해양에 투기하여 왔다. 그러나 해양은 이러한 폐기물들을 무제한으로 수용할 수 없을 뿐만 아니라 궁극적으로는 먹이사슬을 통하여 폐기물이 인체에 미치는 악영향을 고려하여 폐기물의 해양투기에 대한 국제적 관심이 점차 고조되었다.

1971년 6월 국제해사기구(IMO)는 유엔 인간환경회의의 권고에 따라 해양오염에 관한 정부간 작업반(IWGMP)을 설치하고 런던에서 제1차 회의를 개최하였다. 여기에서는 육상으로부터 수송되는 폐기물의 투기를 규제하는 국제적 협정의 필요성이 제기되었다. 미국대표는 해양투기에 대한 조약안을 제출하였으며 유엔가맹국에 의견문서를 제출토록 요청하였다. 아이슬란드 정부는 수도인 레이카비크에서 해양투기에 관한 정부간 회의를 개최하고 조약안을 정비하였으며 1972년 4월에 국제해사기구로 하여금 동 조약안을 1972년에 스톡홀름에서 개최가 예정되어 있던 유엔 인간환경회의에 제출토록 요청하였

다.

1972년 6월 유엔 인간환경회의에서는 상기 조약안을 심의하고 ① 각국 정부는 자국 및 관할하의 구역의 해양투기를 규제하기 위한 작업을 신속히 진행할 것, ② 특히 오염도가 높은 폐쇄, 반폐쇄 해역에서의 투기를 규제하는 지역협정이 필요하다는 것을 권고하였다.

이에 따라 1972년 10월 30일부터 11월 13일까지 영국정부는 런던에서 해양에서의 폐기물의 투기에 관한 협약의 정부간 회의를 개최하여 82개국의 대표와 유엔기구 등이 참석한 가운데 1972년 폐기물투기에 의한 해양오염방지 협약(LC 1972)를 채택하였다. 그 후 1972년 12월 29일에는 영어, 불어, 러시아어 및 서반어로 된 정본이 완성되었으며 1975년 8월 30일에는 협약이 발효되었다. 1975년 12월의 제1차 협약당사국 회의에서는 국제해사기구(IMO)가 동 협약의 사무국 업무를 담당하도록 지정되었다.

LC 1972는 총 22개 조문의 협약본문 및 3개의 부속서로 구성되어 있으며, 주요내용은 다음과 같다.

- 협약본문

- 각국은 폐기물의 투기에 의한 해양오염방지를 위하여 실행가능한 모든 조치를 취해야 하며, 이를 위해 과학적, 기술적, 경제적 능력에 따라 적절한 정책을 취하여야 한다.(제1조 및 제2조)
- 전면적으로 해양투기가 금지되는 폐기물의 종류(부속서 1)와 해양투기 시 사전에 특별허가를 요하는 물질(부속서 2)을 구분, 규정하고 있고 해양투기시 고려할 사항(부속서 3)도 별도로 규정하였다.(제4조)
- 지역국가간의 협정체결, 기술지원, 분쟁발생시 해결방향(제8 ~ 12조)

- 부속서 1(해양투기금지물질)
 - 유기할로켄화합물, 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물
 - 플라스틱류, 어망, 로우프 등 항행방해물질 또는 지속성 부유물질
 - 원유, 석유류 제품 및 고준위방사성물질
 - 부록 : 폐기물의 해양소각을 관리하기 위한 규칙(9개조, 1978년 개정시
신설)

- 부속서 2(특별허가를 요하는 물질)
 - 비, 납, 동, 아연, 유기실리콘, 시안화물, 불화물, 부속서 1에 포함되지
아니한 살충제
 - 베릴륨, 크롬, 니켈, 바나듐 및 그 화합물이 함유된 산 및 알칼리
 - 컨테이너, 고철 및 기타 부피가 큰 폐기물로 어업 및 항해에 장애가
있는 물질
 - 부속서 1에 포함되지 않는 방사성 폐기물

- 부속서 3(투기 허가시 고려사항)
 - 물질의 특성 및 성분 : 총량, 형태, 독성, 지속성 등
 - 투기장소의 특성, 처분방법 : 위치, 처분율, 포장방법, 희석도 등
 - 일반적인 고려사항 : 쾌적성에 대한 영향, 어패류 및 해양생물에 대한
영향, 해양의 이용에 대한 영향 등

(3) 1990년 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 1990)

- 협약원명 : International Convention on Oil Pollution Preparedness,
Response and Co-operation, 1990

- 채택(발효) : 1990. 11. 30(1995. 5. 13)
- 목적 : 해양오염사고시 신속한 방제 및 해양환경보전
- 관련국내법 : 해양오염방지법
- 국내수용(국내발효) : 1999. 11. 9(2000. 2. 9)
- 적용범위 : 모든 선박

1989년 엑슨 발데즈(Exxon Valdez)호 사고 이후 미국에서는 유류오염에 관한 법률(OPA 1990)을 제정하여 신조유조선의 이중선체(Double Hull)를 의무화하였으며, 국제해사기구(IMO)에서는 MARPOL 부속서 I의 개정안을 채택하여 재화중량³⁴⁾ 5000톤 이상의 모든 유조선은 이중선체 또는 이와 동등 이상의 구조를 갖추도록 의무화시켰다. 아울러 대형 유출사고가 발생할 경우 일부 지역이나 단일 국가의 능력으로는 방제가 역부족임을 감안하여 사고발생 후 신속하고 효과적인 방제조치를 수행하여 오염피해를 최소화하기 위하여 범국가적, 범세계적인 대비, 대응 및 협력이 필요하다는 인식 아래 1989년 10월 국제해사기구 제16차 총회에서 미국측의 제안에 의거하여 총회결의서 제674(16)를 채택하였고, 해양환경보호위원회(MEPC)로 하여금 대형 유류오염사고에 대비하기 위한 협약안을 작성토록 요청기로 하였다. 또한 미국 정부의 비용부담으로 1990년에 동 협약채택을 위한 준비회의 및 외교회의를 개최기로 합의하였다. 이에 따라 국제해사기구(IMO)는 1990년 5월 준비회의를 가졌으며 동년 11월 1990년 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 1990)을 채택하였다.

이 협약은 19개조의 본문과 1개의 부속서로 구성되어 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

34) 선박에 화물을 실을 수 있는 톤수를 말함(DWT, Dead Weight Ton)

- 협약본문

- 각 당사국은 선박, 해양시추선, 유류취급시설 및 항만당국이 유류오염비상계획을 수립. 비치토록 하여야 한다.(제3조)
- 선장, 항만 및 유류취급시설의 책임자 등은 오염사고를 당사국 또는 연안국에 보고하도록 한다.(제4조)
- 각 당사국은 유류오염사고에 신속하고 효과적으로 대체할 수 있는 국가적 방제체제를 구축하여야 한다.(제6조)
- 중대한 오염사고로 인해 영향을 받을 수 있는 국가의 지원요청시 각 당사국은 방제에 협력하고 기술이나 장비지원에 동의하여야 한다.(제7조)
- 각 당사국은 양자 및 다자간 협정을 체결하여 유류오염사고에 관한 지역방제체제 구축에 노력하여야 한다.(제10조)

- 부속서 (원조비용의 변제)

- 유류오염사고 전 원조요청국과 원조국간에 재정조치에 관한 협정이 체결된 경우 그에 따른다.
- 이러한 협정이 없는 경우, 명시적으로 원조를 요청한 국가는 원조국에서 방제조치에 대한 비용을 상환하여야 하고, 자발적으로 원조한 국가는 스스로 비용을 부담하여야 한다.

(4) 2000년 유독 유해 물질에 의한 오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약 의정서(OPRC/HNS 2000)

- 협약원명 : Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances, 2000,

- 채택(발효) : 2000. 3. 15. (미발효)
 - 발효조건 : OPRC 회원국중 15개국 이상 비준이후 12개월 경과
- 목 적 : 유해화학물질 유출사고에 의한 해양오염방지
- 적용범위 : 협약 당사국의 국기를 게양할 자격이 있는 선박 또는 그 권
 한에 운항되고 있는 선박에 적용되나 각 부속서 별로 적용대상에 다소
 차이가 있으며 군함, 국가소유의 선박으로서 비상업용 목적에만 사용되
 는 선박에는 적용하지 아니함

본 의정서는 기름오염대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 1990)과 같이 유해화학물질(HNS)에 의한 대규모 오염사고 발생 또는 발생위험에 대응함에 있어 국제적인 협력을 위한 지구적 기반체제를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 협약에 의거하여 협약국들은 유해화학물질 오염사고를 다룰 수 있는 대책을 국가차원에서 또는 다른 국가와의 협력을 통해서 구축하여야 하며, 아울러 선박들은 유해화학물질 관련 사고에 대비하기 위한 긴급계획을 수립하여 비치하여야 한다. 본 의정서상에서 유해화학물질은 국제해사기구(IMO) 협약이나 기타 코드(MARPOL 등)에서 열거된 대로 정의되었으며, 여기에는 유류와 유해 및 유독한 것으로 정의된 기타 액상물질, 액화가스, 인화점이 60℃를 넘지 않는 액상물질, 포장형태(packaged form)로 수송되는 위해 및 위험물질 등을 포함한다. 의정서가 발효될 경우, 유해화학물질을 운반하는 모든 선박들은 유류취급 선박과 유사한 대비 및 대응, 협력체제를 구축하여야 한다.

본 의정서는 18개조의 본문과 1개의 부속서로 구성되어 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

- 협약본문

- 각 당사국은 선박, 해양시추선, 유류취급시설 및 항만당국은 유해화학물질오염비상계획을 수립·비치토록 하여야 한다. 아울러 오염사고를 접수한 당사국은 이에 의해 피해를 받을 수 있는 다른 당사국에 이를 통보하여야 한다.(제3조)
- 각 당사국은 유류오염사고에 신속하고 효과적으로 대처할 수 있는 국가적 방제체제를 구축하여야 한다.(제4조)
- 중대한 오염사고로 인해 영향을 받을 수 있는 국가의 지원 요청시 각 당사국은 방제에 협력하고 기술·장비지원에 동의하여야 한다.(제5조)
- 기타 오염사고 대비 및 대응기술에 관한 연구개발 (제6조), 기술적 협력 (제7조), 오염사고 대비 및 대응에 관한 양자간 및 다자간 협력증진(제8조) 등

- 부속서 (원조비용의 변제)

- 유류오염사고 전 원조요청국과 원조국간에 재정조치에 관한 협정이 체결된 경우 그에 따른다.
- 이러한 협정이 없는 경우, 명시적으로 원조를 요청한 국가는 원조국에서 방제조치에 대한 비용을 상환하여야 하고, 자발적으로 원조한 국가는 스스로 비용을 부담하여야 한다.

(5) 2001년 선박의 유해방오도로 시스템 사용 규제 국제협약(AFS Convention)

- 협약원명 : The International Convention on the control of harmful anti-fouling systems on Ships 2001
- 채택(발효) : 2001. 10. 5.(미발효)

- 발효조건 : 세계 선복량의 25% 이상에 달하는 25 개국 이상의 비준
일로부터 12 개월 후 발효

- 목 적 : 방오도료내 유해물질에 의한 해양환경보호
- 적용범위 : 모든 선박에 적용 (단, 군함이나 해군 보조정, 그리고 정부의 비상업적으로 한시적으로 사용되는 기타 선박 등은 적용 제외)

해양 생태계에 악영향을 미치는 선박용 방오도료에 포함된 TBT의 해양 생태계에 대한 유해성에 관한 광범위한 사례가 보고됨으로써, 이의 사용금지를 목적으로 90년대부터 국제해사기구(IMO)를 중심으로 국제협약을 체결하고자 하는 노력이 시작되었다. 5년여에 걸친 논의 끝에 73/78 해양오염방지 협약(MARPOL 73/78)의 부속서가 아닌 독립된 국제협약으로 선박의 유해방오도료 시스템 사용 규제 국제협약(AFS Convention)이라는 명칭하에 2001년 10월 5일에 외교회의를 통해 채택하였다.

협약의 주요 내용을 보면, 군사용 및 정부운영 선박을 제외하는 국제운항 국적선에 관하여 2003년 1월 1일 이후부터 TBT 방오도료의 사용을 전면적으로 금지하고, 아울러 2008년 1월 1일 이후부터는 선체내 TBT의 잔존을 금지시키는 것이다. 당 협약이 발효되었을 경우 협약에 종속되는 모든 선박(현안 500톤 이상)은 협약에서 규정하는 검사규정에 의거하여 검사를 받았음을 증명하는 해당증서를 항상 선박에 비치하여 해당국가의 요청시 제공하여야 하며, 해당 국가는 자국의 검사체계에 의해 재검사를 수행할 수 있게끔 되어 있다. 본 협약에는 관련 규정을 어겼을 경우 해당선박을 해당국가의 법률에 따라 제재할 수 있게끔 하는 강력한 처벌조항까지를 담고 있다.

- 협약 본문

- 방오시스템의 규제 (부속서 1) : Option B 채택
 - 선체, 외부, 표면에 유기주석 화합물의 일종인 TBT가 함유되지 않게 하거나(완전 제거) 방오시스템으로부터 화합물이 용해되는 것을 방지할 막을 형성하는 코팅(Sealer coat) 이 채택됨
 - 부속서 1의 발효일(Effective date) : 2003. 1. 1 사용금지 및 2008. 1. 1 잔존금지
- 사전예방원칙³⁵⁾ : 해양 환경에 위해 가능성이 있는 모든 방오도료에 대하여 명확한 과학적인 근거 없이 그 위해성이 검증되기 전이라도 유해 방오도료 규제 목록에 포함시킬 수 있다는 사전예방 원칙에 대하여 절대 다수의 회원국이 동의함
- 검사 및 증서 (부속서 4) : 총톤수 400톤이상의 국제항해에 종사하는 선박³⁶⁾은 검사를 받고 국제방오시스템증서를 소지하여야 하며 방오시스템이 변경되거나 교체된 경우는 증서에 이서되어야 하고, 24미터 이상의 선박으로서 400톤 미만의 국제항해에 종사하는 선박은 선주나 선주로부터 위임을 받은 대리인이 서명한 방오시스템 선언서를 비치하여야 하며 여기에는 적합한 도료 영수증이나 계약인보이스가 첨부되어야 함
- 유기주석 존재 확인을 위한 2 단계 시험 방법
 - 1 단계 현장 시험 : 방오시스템 안에 함유된 유기주석의 측정
 - 2 단계 실험실 시험 : 일정량의 유기주석이 초과했을 경우 유기주석 식별 및 양 측정

35) 전문 및 Article 6 -The Principle of Precaution

36) 고정식 또는 부양식 플랫폼, FSUs 그리고 FPSOs는 제외

(6) 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)

- 협약원명 : International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004
- 채택(발효) : 2004. 2. 13.(미발효)
 - 발효조건 : 세계 선복량의 35% 이상에 달하는 30개국 이상의 비준일로부터 12 개월 후 발효
- 목 적 : 선박밸러스트수에 이동에 따른 해양생태계의 보호

협약의 주요내용을 보면, 외래해양생물체의 유입을 방지하기 위해서는 밸러스트수 처리설비를 설치하거나 깨끗한 해수를 교환하여 입항하여야 한다. 2009년 적용을 목표로 일반적으로 2009년 이전 건조선박은 밸러스트수를 교환하여 입항하면 되고 2009년 이후 건조선박은 밸러스트수 처리설비를 설치하여야 한다. 선박은 최초검사, 중간검사, 연차검사, 갱신검사를 받고 증서를 발급받아야 한다.

- 협약 본문

- 일반적 의무사항
 - 당사국이 독자적으로 또는 다른 당사국들과 함께 공동으로 유해한 수중 생물체와 병원균의 이동을 방지, 감소, 제거하기 위해 보다 강화된 조치를 취할 수 있음
- 검사, 증서 및 점검
 - 선박은 검사와 증서가 요구되고, 항만국통제에 의해 점검을 받아야 하며 문제가 있을 경우 정밀 점검을 실시할 수 있으며, 당사국은 그 선박이 환경 등에 유해한 위험성을 초래함이 없이 밸러스트수 배출

할 수 있을 때까지 밸러스트수의 배출을 금지할 수 있음

- 부가적인 조치를 요구하는 당사국은 다른 당사국의 선박에 대해 추가적인 검사나 증서를 요구할 수 없음

- 부속서

○ 활성화물질(Active Substances) : 유해수중 생물체에 작용하는 바이러스 또는 곰팡이를 포함하는 물질 또는 생물체를 말함

○ 면제(Exemptions)

- 당사국이나 당사국들은 관할구역에서 운항하는 선박에 대하여 위해도 평가를 실시하여 해양환경에 무해하다고 판단시 정해진 항구나 지역을 운항하는 선박에 대하여 협약 적용을 면제할 수 있으며 면제기간은 중간 검토를 기반으로 하여 5년간 인정함

○ 선박의 밸러스트수 관리

- 현존선(2009년 이전에 건조된 선박)

- 밸러스트수 용량이 1,500~5,000m³인 선박은 2014년까지는 D-1(밸러스트수 교환기준) 또는 D-2(밸러스트수 성능기준) 적용하고, 그 이후부터는 D-2 적용하여야 함

- 밸러스트수 용량이 1,500m³ 미만 또는 5,000m³ 이상인 선박은 2016년까지는 D-1 또는 D-2 적용하고 그 이후부터는 D-2 적용하여야 함

- 신조선(2009년 이후 건조된 선박)

- 밸러스트수 용량이 5,000m³ 미만 선박은 신조시부터 D-2 규정 적합

- 밸러스트수 용량이 5,000m³ 이상인 선박중에서 2009~2011년에 건조된 선박은 2016년까지는 D-1 또는 D-2 만족하고 그 이후는 D-2 만족하여야 하고, 2012년 이후 건조된 선박은 D-2규정에 적합할 것

○ 밸러스트수 성능기준

- 밸러스트수에 포함된 수중생물의 최소길이가 50 μ m 이상 크기인 경우 생존 가능한 생물이 10개/m³ 미만으로, 최소길이 10 μ m 초과 50 μ m 미만 크기인 경우 생존 가능한 생물이 10개/ml 미만으로 배출되어야 함
- 독성 비브리오 콜레라(O1과 O139)는 100ml 당 1cfu (cfu=균체형성단위) 미만, 동물성플랑크톤 시료 1그램당 1cfu 미만(습중량)으로 처리하여야 하고, 대장균은 100밀리리터당 250cfu 이하로, 분변성대장균은 100밀리리터 당 100cfu 이하로 처리되어야 함

○ 밸러스트수 교환(Ballast water exchange)

- 기본적으로 가장 가까운 육지로부터 200마일, 수심 200미터 이상 지역에서 밸러스트수 교환을 실시하여야 하며, 이를 수행하기 위해 항해의 지연 혹은 계획된 항해로부터의 이탈을 요구받지 않음
 - 황천이나 기타 특별한 사유로 인하여 상기 지역에서 밸러스트수 교환을 시행하지 못했을 경우, 가장 가까운 육지로부터 50마일, 수심 200미터 이상에서 교환하여야 함
 - 상기 지역에서도 시행하지 못했을 경우는 항만국에서 지정한 수역 (Designated Areas)에서 밸러스트수 교환을 시행할 수 있음
 - 밸러스트수 교환은 밸러스트수 용적기준으로 95%를 교환하여야 함
 - 2009년 이전에 건조된 현존선은 밸러스트수 탱크 용적의 3배를 펌핑하는 것을 95% 교환하는 것으로 인정하며, 3배 이하의 펌핑이라도 95% 교환 요건을 만족시킬 경우 인정 가능함
- 밸러스트수 관리시스템 승인 요건 : 밸러스트수 관리시스템은 기구에서 개발한 지침서에 따라서 주관청의 승인을 받아야 함

제4장 선박대기오염물질 배출 방지

4.1 선박으로부터의 대기오염물질 배출 규제 현황

선진 각국은 지구환경을 보호하고 대기오염을 억제하기 위한 각종 규제를 제정하고 각종 오염물질의 배출저감을 위한 다양한 처리기술들을 개발하고 있다. 특히 지구환경보호가 전 지구적인 문제로 대두되면서 환경 및 대기오염방지 기술 확보는 세계화 시대에 경쟁력을 유지하는데 필수적인 조건이 되고 있다.

이와 같은 지구환경보호 및 대기오염방지에 있어서 해상을 운항하는 선박도 예외일 수는 없어서 국제해사기구(IMO)에서는 1987년 노르웨이가 선박으로부터 대기오염방지에 관한 검토를 처음 제의한 후 1990년대 초부터 이에 관한 규제를 위한 작업을 본격적으로 하였고, 1997년 9월에 선박으로부터 대기오염방지 규칙(MARPOL Protocol 1997 Annex VI)을 채택하였으며, 2003년 5월 17일 사모아가 비준함으로써 발효조건이 충족되어 2004년 5월 18일³⁷⁾ 발효될 예정으로 이에 맞추어 국내에서도 관련법규가 제정될 전망이다.

73/78 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 6에서는 지구 오존층을 파괴하는 CFC계 냉매와 할론가스의 사용을 금지하고 배기가스 중에 포함된 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)의 배출을 줄이기 위하여 황함량이 낮은 선박연료유를 사용하도록 규제하고 질소산화물의 배출허용치를 만족하는 기관의 사용을 의무화하기로 하였다. 또한 선박으로부터 배출되는 모든 종류의 대기오염 물질을 규제한다는 계획아래 배출가스 외에도 휘발성 유기화합물

37) 2004년 5월 18일 사모아 비준으로 발효조건 15개국 충족되어 1년후인 2005년 5월 19일 발효함

(VOCs)³⁸⁾ 등의 배출규제 뿐만 아니라 선박에서 발생하는 폐기물에 대해서도 소각을 금지하는 등의 대기오염방지를 위한 조치를 도입하였다. 이 중에서도 황산화물과 질소산화물은 선박의 기관이 가동되면 배출이 불가피하므로 최우선적으로 규제의 대상이 되고 있다. 특히 항만지역은 많은 관련 산업체와 주변지역의 상업 활동으로 인한 인구 밀집지역인 곳이 많으므로 선박의 입출항 및 정박 중에 이들 대기오염물질의 배출이 고도로 억제되어야 할 상황이다.

또한 지구온난화에 대한 관심이 전 세계적으로 높아지고 지구온난화가스 배출 규제에 대한 압력이 증대함에 따라 국제해사기구에서는 국제항해선박으로부터 CO₂ 배출감소를 위한 방법을 기술면, 운항면, CO₂ 저감효과 등의 관점에서 해양환경보호위원회(MEPC)에서 중점적으로 논의되고 있다. 선박의 운항에 따라 CO₂ 이외에도 CH₄(메탄), N₂O(일산화이질소), HFCs, PFCs, SF₆ 등의 지구온난화가스가 배출되고 있다. 특히 CO₂ 이외에 향후 큰 배출이 예측되는 것은 CH₄, N₂O, HFCs의 3 물질이다. CH₄와 N₂O는 연료의 미연소분 등에 의하여 발생하며 HFCs는 냉동선 및 냉동컨테이너의 냉매로부터 방출된다. 특히 CH₄는 질량당 CO₂의 21배의 지구온난화효과가 있어 상대적으로 소량이지만 큰 지구온난화영향을 줄 가능성이 높다.

4.2 선박에 의한 대기오염 현황

국내의 대기오염물질 총 배출량은 1999년 기준으로 총 3,768천톤이다³⁹⁾.

38) 휘발성유기화합물”은 탄화수소류중 석유화학제품·유기용제 그 밖의 물질로서 73/78 해양오염방지협약에서는 선박 또는 해양시설로부터 배출되는 것을 말한다.

39) 각 부문별 배출량을 살펴보면 수송부문 2,071천톤, 산업부문 971천톤, 발전부문 438천톤, 난방부문 228천톤이다

수송부문중에서 자동차부문의 배출량이 1,567천톤이며 선박 및 기타부문의 배출량이 504천톤이다. 선박 및 기타부문의 배출량에는 선박, 항공기, 오토바이 등으로부터 배출되는 대기오염물질이 포함되어져 있으나 많은 부문이 선박으로부터 배출되는 것으로 추정된다. 따라서 국내 대기오염물질 총 배출량중에서 선박이 차지하는 비율은 10% 전후일 것으로 추정할 수 있다.

국내에서 선박으로부터 배출되는 황산화물, 질소산화물로 인하여 발생하는 연안이나 항만지역의 대기오염을 정확히 평가한 사례는 찾아보기 어렵다. 다만, 항만을 포함하는 지역에 대한 오염농도 및 피해가능성을 예측하기 위한 대기오염모델 개발 등이 이루어진 예는 있다.

그러나 실질적이며 직접적인 대기오염 평가를 위해서는 배출원의 정확한 평가가 필요하며 다양한 선박의 규모, 사용기관 및 연료, 부하율, 선박 입출항 기록 등을 토대로 배출총량을 산정하고 이로 인한 오염피해의 정도를 평가하는 것이 요구되나 현실적으로 각 선박에 대한 정확한 기록의 확보가 선행되어야 하는 어려움이 있다.

본 논문에서는 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x) 및 이산화탄소(CO₂)에 의한 대기오염 현황을 간접적으로 연구하고자 한다.

4.2.1 황산화물(SO_x) 오염현황

현재까지 선박으로부터 황산화물 배출량에 대한 정확한 기록은 확보되지 않고 있으나 환경부에서 발간하는 환경연감 중 대기오염물질의 배출량 통계 자료를 이용하면 항만지역의 대기오염현황을 간접적으로 평가할 수 있다.

<표 19> 국내의 오염원별 SO2 배출량

연도	총 계	고정 오염원					이동 오염원	
		에너지산업	비산업	제조업	생산공정	폐기물처리	도로	비도로
2000	531,060	190,578 (35.9)	66,910 (12.6)	133,758 (25.2)	89,046 (16.8)	1,055 (0.2)	6,602 (1.2)	43,111 (8.1)
2001	526,596	196,606 (37.3)	63,438 (12.0)	125,048 (23.7)	91,442 (17.4)	1,224 (0.2)	7,300 (1.4)	41,538 (7.9)
서울	10,605	673	7,134	1,550	-	124	846	278
부산	23,246	801 (3.4)	7,301 (31.4)	3,057 (13.2)	794 (3.4)	78 (0.3)	386 (1.7)	10,829 (46.6)
대구	9,267	3,015	2,081	3,577	109	75	310	100
인천	17,109	1,142 (6.7)	1,759 (10.3)	6,859 (40.1)	1,779 (10.4)	29 (0.2)	308 (1.8)	5,233 (30.6)
광주	1,539	-	835	406	84	50	122	42
대전	3,396	1,219	898	910	66	40	195	68
울산	82,970	17,944 (21.6)	10,591 (12.8)	19,537 (23.5)	28,937 (34.9)	56 (0.1)	176 (0.2)	5,729 (6.9)
경기	47,637	17,061	6,318	17,784	2,781	451	1,605	1,637
강원	33,795	14,261	3,558	14,101	165	11	314	1,385
충북	20,514	32	2,753	15,823	1,300	43	438	125
충남	39,333	24,146	1,578	7,028	4,820	50	459	1,252
전북	18,676	2,018	2,988	9,339	2,945	39	384	963
전남	63,244	19,080 (30.2)	8,561 (13.5)	7,204 (11.4)	19,746 (31.2)	32 (0.1)	422 (0.7)	8,199 (13.0)
경북	49,339	3,790	3,709	12,685	27,435	55	669	1,996
경남	102,349	89,496 (87.4)	2,659 (2.6)	6,143 (6.0)	470 (0.5)	90 (0.1)	579 (0.6)	2,912 (2.8)
제주	3,577	1,928	715	45	11	1	87	790

주) 2000년 이후 대기오염물질 배출량통계는 기존 배출량 분류체계 및 산정방식을 합리적으로 변경하여 지역별, 부문별로 세분화된 배출량 산정함
(자료 : 2003 환경통계연감)

표 19는 2003년 환경연감에 수록된 각 지역별 분야별 SO₂ 배출량 통계를 나타낸 것으로 자동차, 항공기나 선박 등은 이동오염원으로 분류되며 선박의 경우 항공기와 더불어 비도로 이동오염원으로 분류되지만 항공기에 의한 배출량은 지역에 따른 편차가 심하고 무시할 수 있는 양이 될 것이므로 비도로 이동오염원의 대부분은 항만지역에서 선박에 의한 배출이라 평가된다.

표에서 알 수 있듯이 국내의 SO₂ 총배출량에 대한 비도로 이동오염원 배출량 비율은 8% 정도이나 부산, 인천, 전남을 포함한 몇몇 지역은 평균치를 훨씬 상회하는 결과를 보여주고 있는데 이들 지역은 해상으로부터 유입되는 각종 물류의 수출입기지가 되고 있는 대규모 항만이 형성되어 있는 지역임을 알 수 있다. 이와 같은 결과로부터 항만지역에서 비도로 이동오염원인 선박 등에 의한 SO₂ 배출량이 무시할 수 없는 수준임을 알 수 있다.

4.2.2 질소산화물(NO_x) 오염현황

질소산화물은 표 20의 2003 환경연감에 수록된 각 지역별 분야별 NO₂ 배출량 통계를 이용해 비도로 이동오염원에 의한 NO₂ 배출량을 선박에 의한 질소산화물(NO_x) 배출의 간접적 지표로 활용할 수 있다.

NO_x 배출량 통계를 보면 SO₂와는 달리 이동오염원으로부터 배출되는 양이 전체의 40%를 넘고 있고, 대도시 지역의 배출량이 많고 특히 서울을 중심으로 한 위성도시가 있는 경기도의 배출량이 타 지역에 비해 월등히 높다.

그러나 이동오염원에 의한 NO₂ 배출량중 비도로 이동오염원에 의한 배출량이 전체 평균치는 16% 정도인데 반해 부산, 인천 등 항만이 위치한 지역의 비도로 이동오염원에 의한 배출량 비율이 타 지역에 비해 높은 수치를 나타내고 있으므로 선박에 의한 NO₂ 오염현황을 간접적으로 평가할 수 있다.

<표 20> 국내 오염원별 NO₂ 배출량

(단위 : 톤)

연도	총계	고정 오염원					이동 오염원	
		에너지산업	비산업	제조업	생산공정	폐기물처리	도로	비도로
2000	1,003,958	151,311 (15.1)	88,265 (8.8)	112,601 (11.2)	50,935 (5.1)	12,847 (1.3)	421,639 (42.0)	166,360 (16.6)
2001	1,045,337	165,382 (15.8)	84,136 (8.0)	110,314 (10.6)	52,736 (5.0)	13,744 (1.3)	456,126 (43.6)	162,899 (15.6)
서울	86,780	1,178	17,012	1,599	0	692	51,231	15,068
부산	51,838	289 (0.6)	5,661 (10.9)	2,658 (5.1)	993 (1.9)	491 (0.9)	23,596 (45.5)	18,150 (35.0)
대구	33,921	1,320	4,009	3,677	47	461	18,760	5,647
인천	59,293	14,243 (24.0)	4,064 (6.9)	7,068 (11.9)	2,758 (4.7)	523 (0.9)	17,812 (30.0)	12,825 (21.6)
광주	12,129	0	1,824	522	23	306	7,154	2,300
대전	20,100	900	2,302	648	20	543	11,994	3,693
울산	63,570	23,862 (37.5)	3,058 (4.8)	12,833 (20.2)	3,577 (5.6)	469 (0.7)	11,047 (17.4)	8,724 (13.7)
경기	178,972	24,999	14,180	10,333	3,309	4,478	97,742	23,931
강원	61,522	5,931	3,861	25,934	172	80	20,063	5,481
충북	57,628	102	3,271	18,272	16	1,137	28,538	6,292
충남	93,385	44,236	4,136	4,164	1,553	639	29,504	9,153
전북	46,092	825	3,833	5,143	3,510	1,302	24,896	6,583
전남	79,452	8,080 (10.2)	4,867 (6.1)	5,607 (7.1)	16,907 (21.3)	684 (0.9)	27,519 (34.6)	15,788 (19.9)
경북	92,707	1,589	5,252	7,679	19,613	1,204	43,842	13,528
경남	95,013	35,178	4,914	4,119	238		37,012	12,825
제주	12,935	2,650	1,892	58	0		5,416	2,911

주) 2000년 이후 대기오염물질 배출량통계는 기존 배출량 분류체계 및 산정방식을 합리적으로 변경하여 지역별, 부문별로 세분화된 배출량 산정을 하였음
(자료 : 2003 환경통계연감)

4.2.3 이산화탄소(CO2) 배출현황

우리나라의 이산화탄소(CO2) 배출량은 '99년 세계 10위로 세계 전체의 약 1.7%를 차지하고 있으며 '80년 이후의 CO2 배출량과 에너지 사용량 증가율은 30개 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중에서 가장 높은 것으로 나타나고 있다. 국내 온실가스 배출량 증가 추이와 구성비는 표 21과 같다.

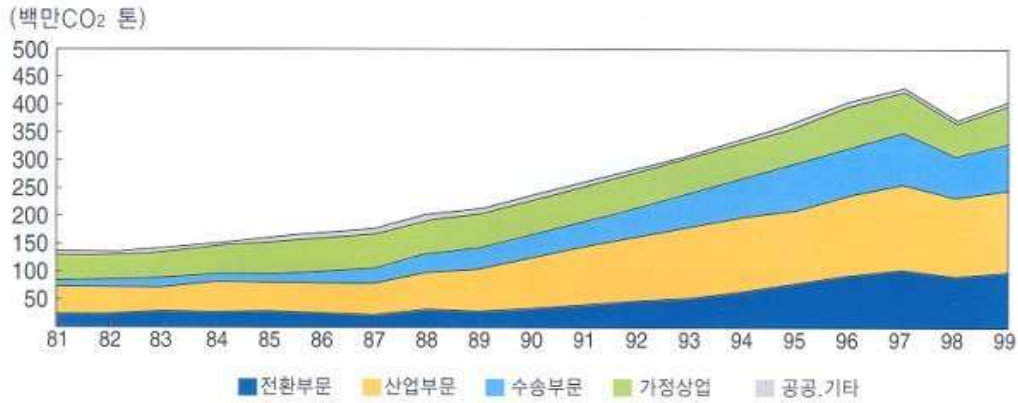
<표 21> 온실가스 배출량 증가 추이와 구성비

단위 : 천톤

구분	1981	1985	1990	1995	1996	1997
전체(A)	138,712	164,675	242,390	373,199	410,351	430,945
수송부분(B)	11,215	20,054	42,438	81,348	89,250	92,350
B/A(%)	8.08	12.17	17.49	21.79	21.73	21.43
CO2(%)	98.10	97.89	98.59	99.42	99.46	99.48
CH4(%)	1.57	1.76	1.09	0.28	0.28	0.22
N2O(%)	0.34	0.35	0.33	0.30	0.30	0.30
계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

자료 : 교통개발연구원, 교통부분의 환경문제와 대응방안, 1998

한편, 그림 1의 에너지경제연구원이 발행한 “각 부분별 CO2 배출량 추이”를 살펴보면, 국내의 온실가스 배출량이 1981년 이후 약 3배 이상 증가하였고 온실가스의 대부분을 CO2 가스가 차지하고 있다. 1998년 기준으로 수송부분(이동배출원)에 의한 CO2 배출량이 전체의 약 20% 이상을 차지하고 있다. 그러나 선박으로부터 발생하는 CO2 배출량의 정확한 통계자료는 없는 실정이나 자동차로 배출되는 CO2량에 비하면 매우 적을 것으로 추정된다.



<그림 1> 각 부분별 CO2 배출량 추이

1990년에 발표된 자료이지만 선박에서 배출되는 CO2 배출량인 표22에 의하면, 전 세계에서 CO2 배출량의 약 2.33%로 NOx의 15.51%, SOx의 6.29%에 비하면 높지 않은 수치인 것으로 추정되고 있다⁴⁰⁾. 현재는 선박으로부터 배출되는 CO2가 총배출량에서 차지하는 비율이 낮으나 국제해사기구(IMO)에서도 선박의 지구온난화가스에 대한 규제가 계획되고 있으므로 SOx, NOx와 함께 향후 CO2의 선박으로부터의 배출규제가 가까운 시기에 실시될 것으로 예상되어 이에 대응한 기술 개발과 법규 제정이 요구된다.

<표 22> 선박의 NOx, SOx, CO2 배출량

단위 : 천톤

구분	NOx	(%)	SOx	(%)	CO2	(%)
내항선, 어선, 레저선박	771	81.59	202	84.87	28,184	83.87
외항선	174	18.41	36	15.13	5,422	16.13
선박 총 발생량	945	37.46	238	23.45	33,606	2.70
육상 총 발생량	1,578	62.54	777	76.65	1,211,571	97.30
일본국내 총 발생량	2,523	100.00	1,015	100.00	1,245,177	100.00
전 세계 선박발생량	15,728	15.51	9,035	6.29	556,781	2.33
전 세계 발생량	101,430	100.00	143,565	100.00	23,881,000	100.00

40) 일본은 전체 CO2의 약 2.7%가 선박으로부터 발생하는 것으로 추정하고 있음

4.3 국제해사기구(IMO) 규제 및 각국 대응 방안

표 23에는 73/78 해양오염방지협약의 부속서 6인 선박으로부터 대기오염 방지 규칙(MARPOL 73/78 Annex VI)에서 규제하는 대기오염물질과 그 오염원의 배출원 및 주요 규제내용을 나타내고 있다.

<표 23> 대기오염방지규칙의 주요 규제 내용

대기오염물질	배출원	주요 규제 내용
질소산화물 (NO _x)	디젤기관	배출기준에 적합한 기관의 사용 또는 배기가스 정화장치의 사용(130kW 초과하는 기관의 경우)
황산화물 (SO _x)	디젤기관, 보일러	1. 일반 요구 : 연료의 유황함량의 규제(4.5%이하) 2. 배출통제 지역 : 연료의 유황함량 규제(1.5%이하) 또는 배기가스 정화장치의 사용
선내소각	소각기	1. 소각 물질의 제한, 2. 기술기준에 적합한 소각기의 사용 3. 소각기 조작 매뉴얼 비치 및 소각담당자 훈련 4. 배기가스의 온도기록
오존파괴물질	소화기, 냉동기 등	1. 배출의 금지 2. 신규 탑재 금지 3. 오존파괴물질 또는 이러한 물질이 들어있는 장치는 적절한 수용시설에 보낼 것
휘발성 유기화합물 (VOCs)	액체물질	1. 적하시설은 유증기배출제어장치 설치 2. 유조선은 유증기수집장치 설치
연료유	-	1. 연료유의 유해 첨가제 혼입 금지 2. Bunker delivery note 3. 연료유 샘플 4. 연료유 공급자 등록

표 24에는 선박으로부터 대기오염방지 규칙에 언급된 규제물질의 규제시기를 나타내었다.

이 부속서는 아직 발효되지는 않았지만 질소산화물과 선내 소각 시기는 이 협약 발효시 2000년부터 소급 적용하도록 되어 있어 2000년 1월 1일 이후 건조되는 대부분 외항선에는 협약에 적합한 디젤기관과 소각장치가 탑재되고 있다.

4.3.1 선박으로부터 대기오염방지 규칙에서 황산화물 규제

선박으로부터 배출되는 황산화물은 연료에 함유되어 있는 황이 연소과정에서 산화되어 발생한다. 육상에 설치된 보일러의 경우에는 저유황연료를 사용하거나 연소후처리 설비를 이용하는 방법이 있으나, 선박의 경우에는 연료 중의 황함량을 규제하는 것이 효율적인 방법이라고 생각되어 선박으로부터 대기오염방지 규칙(73/78 MARPOL Annex VI)에는 연료의 황함유량을 규제하고 있다.

<표 24> 선박으로부터 대기오염방지 규칙 주요 규제 시기

대 기 오 염 물 질	규 제 시 기
질소산화물(NO _x)	협약 발효 요건 충족한 날로부터 12개월 뒤부터 단, 2000년 1월 1일부터 소급 적용
황산화물(SO _x)	협약 발효 요건 충족한 날로부터 12개월 뒤부터
선내소각	협약 발효 요건 충족한 날로부터 12개월 뒤부터 단, 2000년 1월 1일부터 소급 적용
오존파괴물질	협약 발효 요건 충족한 날로부터 12개월 뒤부터
휘발성유기화합물(VOCs)	협약 발효 요건 충족한 날로부터 12개월 뒤부터
연료유	협약 발효 요건 충족한 날로부터 12개월 뒤부터

(1) 연료유와 SO₂의 관련

연료유의 일반 성상에서 성상개선을 목적으로 한 미량 첨가제의 혼입을 삭제하고 그 외 물질의 혼입을 금지시켰으며, 현재 문제된 것은 자동차 폐유 및 그 외의 유해 물질의 혼입이다. 연료에 따라 연소기관에 공급된 황함유량은 그대로 연소 후 기관을 통하여 배기가스로서 대기 중에 방출된다. Lloy's Register에 의해 실제 배에서 SO₂ 계측한 결과에 따르면 기관으로부터 SO₂ 배출량은 다음 식에 따른다.

$$SO_2 = 21.0 \times S(\text{kg/ton fuel})(S : \text{연료유에 함유된 황의 함유량(wt \%)})$$

연료유 중의 황함유량에 관한 문제는 기술적인 면보다는 정치적인 면이 부각된다. 즉 환경문제보다는 선박의 운항채산성을 중요시하는 개발도상국의 주장에 의해 선박용연료에 함유된 황함분의 상한치 제한에 대한 강력한 반대에 직면해 있다. 일본은 3.5%를 주장하고 있으며, 유럽은 더 낮은 수치를 주장하고 있으나 앞에서 언급한 산유국, 개발도상국, 선박용 연료 공급 국가인 싱가포르 등의 강경한 반대에 의해 본 규칙에서 4.5%로 규정하고 있다.

현재 선박에 통상적으로 사용되는 연료의 황함량이 평균 약 3%인 것을 감안해볼 때 일반해역에서의 황함량 규제치 4.5%는 기준년도 대비 황산화물을 50% 줄이고자하는 국제해사기구(IMO) 본래 취지를 살리지 못한 조치라고 할 수 있다.

(2) 황산화물(SO_x) 배출통제지역의 설정

현재 부속서에는 표 25에 나타난 바와 같이 일반해역과 특별해역으로 나누어 연료중의 황함유량을 차등규제하고 있다. 이것은 MARPOL 73/78 부속서 1의 10(1)b 규칙에서 지정된 유럽의 발틱해와 같이 특이한 해역과 북해

등과 같은 선박의 잦은 항로로 선박의 황산화물이 직접적으로 육지에 많은 영향을 미치는 해역을 황산화물 배출통제지역(SOx Emission Control Area)으로 지정하여 일반해역 보다 연료의 유황함유량을 낮추도록 규제하고 있다.

또한 국제해사기구(IMO)에서 개발된 SOx 배출 통제지역 지정절차에 따라 지정된 항구를 포함한 해역을 말한다. 현재까지는 발틱해만이 지정되어 있지만, 그림 2에서 발틱해에 이어 북해(North Sea)도 황산화물 배출통제지역으로 지정될 예정으로 있다.

<표 25> 대기오염방지규칙의 황산화물 규제

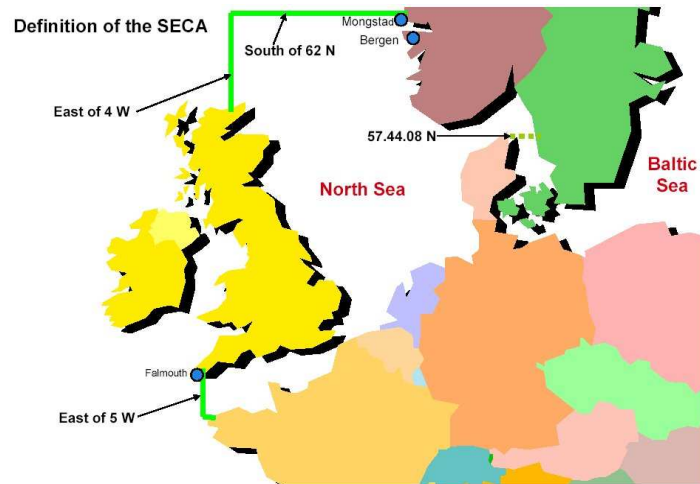
대기오염물질	해역	연료의 유황함량
황산화물 (SO _x)	일반 해역	최대 4.5% m/m
	특별 해역 황산화물 배출 통제지역 (SO _x Emission Control Area)	최대 1.5% m/m (또는 후처리 설비를 설치하여 황산화물을 6.0g/kWh 이하로 배출)

발틱해 등 황산화물 배출통제지역 내에서 운항하는 모든 선박은 황함유량 1.5%를 초과하는 연료유를 사용할 수가 없다. 주관청은 국제해사기구(IMO)에서 개발된 지침에 따라 주관청에 의하여 승인된 후처리 설비를 동등물로 인정하여 황산화물 배출을 감소하기 위하여 선박에 탑재하는 것을 허용한다.

이 경우에 기관으로부터 황산화물 총배출량은 6.0g/kwh 이하이어야 한다. 황산화물 배출통제지역 내를 운항하는 선박의 경우에는 황함유량 1.5% 미만의 연료유를 사용하여야 하므로 2중의 연료유 탱크 및 배관장치의 설치가 필요할 것으로 예상된다. 또한 연료유를 공급하였을 경우에 연료유 성상을 기입한 기록부를 공급업자로부터 발행 받아야 한다.

황산화물 배출통제지역 내에서의 운항요건인 황함유량 1.5%미만의 연료유 사용 및 총배출량 6.0g/kwh 이하는 이 협약 발효 후 12개월 동안은 유예된다.

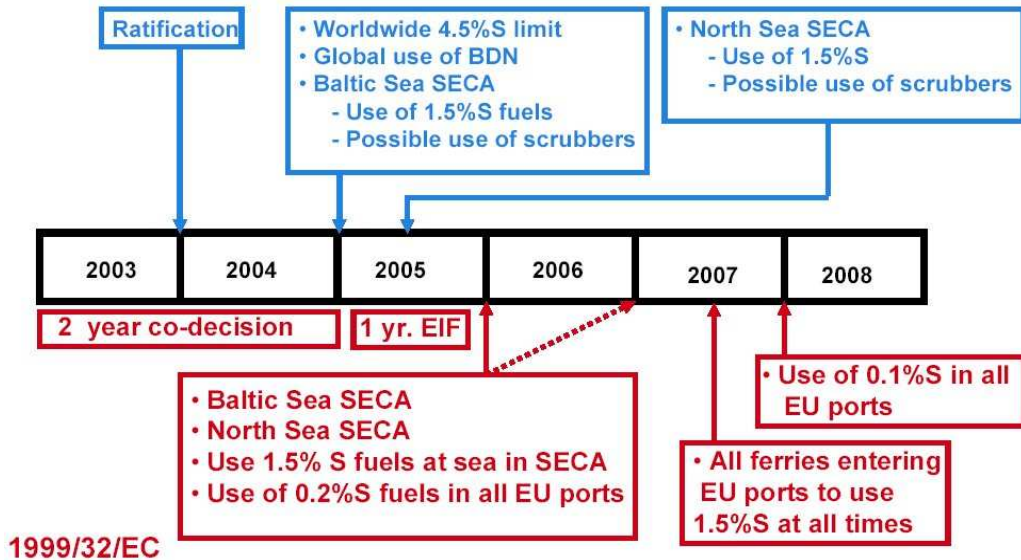
그림 3은 선박으로부터 대기오염방지 규칙에 의한 유럽의 연료중 황함유량 규제계획에 관한 내용을 설명하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 2007년부터는 유럽의 모든 항구에서는 1.5% 이하의 연료유 사용 및 2008년부터는 0.1% 이하의 연료도 대폭 강화될 예정으로 있다.



<그림 2> 유럽의 SOx 통제지역

(3) 연료유 품질감시, 샘플링 의무

연료유의 품질을 감시하기 위하여 연료유의 샘플링을 의무화하였다. 선박은 연료를 공급받을 때 샘플링을 의무적으로 하며, 채취된 시료는 그 연료가 소비된 후 1년 간 보관 의무가 있다.



<그림 3> 대기오염방지규칙에 의한 유럽의 황함유량규제 계획

4.3.2 MARPOL 73/78 부속서6의 발효가 국내에 미치는 영향

단기적으로는 우리나라 선박용 연료유의 주종인 병커C유 황함유량은 4.0% 미만이므로 4.5%로 고정될 경우 문제가 없으며, 장기적으로 볼 때 향후 허용기준치가 하향 조정될 경우를 대비해야 한다. 정유업계의 경우 황함유량을 4.0%에서 1.5% 이하로 낮출 때 137,000 BPSD의 탈황설비에 1조 5천억원과 건조기간 3~4년이 필요할 것으로 예상된다.

일본의 경우 선박용 연료로 사용되는 것은 경유, 병커 A유, 병커 B유, 병커 C유 등이 있으며, 일본 평성 11년(1999년)에 사용된 총 선박용 연료를 원유로 환산하면 16,236 kl이며, 이 중에 병커C유가 78%를 차지하였다.

(1) 벙커 C유의 특징

벙커유는 유황분이 2~4%이고 질소분이 0.3% 정도로 많은 편이다. 유황분은 주로 Thiol, Sulfur 및 Thiophen으로 구성되어 있으며, 질소분은 Pyridine, Pyrol 등의 환상물에 결합하여 연료 중에 함유되어 있다. 또한 연료 중에서 유황분과 질소분의 함유 비율은 10:1 정도로 존재한다.

(2) 황산화물의 발생

연료 중에 함유된 유황분 전량이 SO₂로 변화되며, 잔존 산소의 농도에 따라 SO₃가 비례하여 발생한다. SO₃는 미립자에 흡착되어 Snow Smut을 생성하거나, 수증기와 반응하여 황산을 생성하며, 이것은 저온부식의 원인이 되기도 한다. 실제로 일본 운항 선박중 5만척의 연료를 채취하여 분석한 결과 유황분의 농도는 평균 2.9 wt% 정도였다.

4.3.3 유럽공동체(EU)의 선박에서 배출되는 SO_x/NO_x 저감방안

1990년 한해 동안에 유럽공동체(EU) 내에서 발생한 황산화물은 총 2.8백만톤, 질소산화물은 총 4백만톤으로 추산된다. 이중 선박에서 발생한 것은 황산화물 중 7%, 질소산화물 중의 15% 정도이다.

현재 육상에서 발생하는 배출물은 지속적으로 감소되고 있지만 표 26에서 보는 바와 같이 해상에서 발생하는 배출물은 2010년에 이르기까지 그 발생량의 변함이 없으며, 2010년에는 그 비율이 각각 17%, 23%에 이르게 된다.

유럽공동체 회원국은 국가간 협약에 의거 선박으로부터 배출되는 황산화물과 질소산화물을 규제하면 1990년 수준과 동일하게 유지할 예정이며, 2010년에는 선박 배출량은 전체 배출량의 각각 3/4, 2/3에 도달하게 된다.

이러한 수치는 국제선에 취항하는 선박만을 고려한 것으로서 내륙운하와 자국해안을 항해하는 선박으로부터 발생하는 배출물은 포함시키지 않은 것이다. 더욱이 1990년에서 1999년 동안에 유럽공동체 국가 간에 해운 운송은 30%가 증가하였으며, 선박을 이용한 수송은 지속적인 증가 추세에 있다.

<표 26> European emissions of SO₂ and NO_x(millions of tons)

Region \ Year	1990		2010	
	SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x
EU15	16.3	13.2	3.8 ^a	6.5 ^a
Non-EU	21.6	10.2	9.9 ^b	7.3 ^b
International shipping	2.8	4.0	2.8 ^c	4.0 ^c
Total for Europe	40.7	27.4	16.5	17.8

1. Projection according to the EU directive on national emission ceilings (2001/81/EC).
2. Projection according to Gothenburg protocol of 1999 for abating acidification, eutrofication, and ground-level ozone under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.
3. Level of emission in 1990.

(1) 효과적 규제방안

유럽공동체에서 선박으로부터 발생하는 황·질소산화물을 효과적으로 규제하기 위한 방법은 시장원리에 입각하여 경제적 인센티브를 제공하는 것이다. 이를 위해서는 유럽공동체 회원국 선박으로부터 황산화물을 감소시키기 위한 다음과 같은 법안을 도입해야 한다.

- ① 해상에서 소비되는 연료중의 황함유량을 제한하는 방법 또는
- ② 유럽공동체 항만당국에서 판매되는 연료중의 황함유량을 제한하는 방법
- ③ ①과 ②를 함께 사용하는 방법

이 경우에 최대 황함유량은 0.5% 이하로 시작해야 한다.

(2) 선박의 연료유 황함량에 따른 항로·항구이용료 할인

스웨덴 정부는 1998년 1월 1일부터 선박으로부터 방출되는 황산화물에 대한 대기오염 방지를 위하여 인센티브 제도를 도입하였으며, 그 예로서 표 27과 같이 선박에서 저유황유를 사용할 경우에 추가적으로 항로이용료를 할인해주고 있다.

<표 27> Discount of Fairway Dues, Fuel Oil Sulphur Content-Sweden('98. 1)

연료 황함량 (% m/m)	선박종류 및 추가할인액(SEK/unit of vessel's gross tonnage)	
	Ferries	Other ships
0.5 미만	0.09	-
0.1 미만	-	0.9

또한 스웨덴 일부 큰 항구는 선박의 연료의 황함량에 따라 항구이용료를 차등하여 부과함으로써 선박에 의한 대기오염방지를 위해 노력하고 있다.

표 28에 스웨덴의 일부 항구의 선박연료 황함량에 따른 항구이용료에 대하여 정리하였다.

<표 28> Differentiated Port Dues, Fuel Oil Sulphur Content-Major-Sweden

항 구	선박 종류 및 항구이용료(연료 황함량)(SEK/unit of vessel's gross tonnage)	
	Ferries<0.5% m/m and other ships<1.0% m/m	Ferries>0.5% m/m and other ships>1.0% m/m
고덴부르그	0.00('98년 7월 1일 이후)	+ 0.06('98년 7월 1일 이후)
고덴부르그	0.00('99년 1월 1일 이후)	+ 0.13('99년 1월 1일 이후)
고덴부르그	0.00('00년 1월 1일 이후)	+ 0.20('00년 1월 1일 이후)
헬싱보르그	- 0.10('00년 1월 1일 이후)	0.00('00년 1월 1일 이후)
말뫼	- 0.10('00년 1월 1일 이후)	0.00('00년 1월 1일 이후)
스톡홀름	- 0.10('00년 1월 1일 이후)	0.00('00년 1월 1일 이후)

4.3.4 유럽공동체(EU)의 해수탈황에 의한 SOx 처리효과

유럽공동체에서는 해수를 이용한 탈황공정을 적용할 경우에 SOx, NOx, 분진에 대한 제거효율과 제거비용을 조사하였으며, 그 결과는 표 29에 나타내었다. 제거효율은 SOx와 분진의 경우는 각각 90%, 80%에 달하였으나 NOx의 경우는 10%에 지나지 않았으며, 제거비용은 SOx의 경우 약 4,000\$ 정도였다.

표 30에는 황산화물 통제지역에서 소비되는 중유 1,000톤을 기준으로 황 함유량 2.5% 중유 대신 1.5%를 사용하였을 때와 저유황유 대신 해수를 이용하여 세정하였을 때를 비교한 결과를 보여 주고 있다. 표에서와 같이 저유황 연료를 사용하는 것에 비해 해수탈황공정을 이용하였을 때가 SO2 제거량이나 비용 측면에서 매우 우수한 것을 보여주고 있다.

<표 29> Performance and cost using seawater exhaust scrubbers

Content	Percentage removed	US\$ per ton removed
SOx	90	3,933
NOx	10	4,200
PM	80	27,650

<표 30> Analysis per 1,000 tons, Bunkers consumed in the SECA

Content	Reduction in SOx Tons	Benefits US\$ 1,000	Costs US\$ 1,000	Net Benefits US\$ 1,000
Replacing 2.5% residual bunkers with 1.5% fuel at sea	20	79	50	29
Scrubbing 2.5% residual fuel	45	177	16	161

표 31에는 EU에서 제정한 선박관련 규정을 이행할 경우에 저감되는 SOx와 분진량 및 이에 소요되는 비용과 환경적 이윤(Environmental benefits) 등의 관계를 나타낸 결과이다. 표에서와 같이 Impact Statement를 기준하여 보면 총 제거되는 SOx는 404,000톤이고 이때 소요되는 비용은 약 10억\$ 정도 추정되었다. 이에 비해 EU의 계산 결과는 다소 높게 나타났다.

표 32에는 EU에서 제정한 선박관련 규정을 이행할 경우에 저감되는 결과와 해수를 이용하여 세정을 할 경우를 비교한 것으로 우선 바다와 운하 및 항구에서 저감되는 SOx량은 바다가 237,000톤으로 가장 많고 이어서 운하, 항구 순으로 되어 있다.

이 경우에 해수로 세정할 경우와 비교해 보면 SOx의 경우 529,000톤으로 125,000 이나 더 저감되는 것을 보여 준다. 또한 황산화물 통제지역에서 운행되는 선박의 10%만 세정설비를 이용하게 될 경우에 환경적 이윤은 60%의 증가를 가져오게 되며, SOx 배출은 30% 절감되는 효과를 나타낸다.

<표 31> Comparison of methods of analysis for reducing emissions from ships

Methods of Analysis	Reduction in SOx emissions 1,000tons	Reduction in PM emissions tons	Costs US\$ million	Benefits US\$ million	Net Benefits US\$ million	Benefit/cost ratio
1. Impact Statement	404	6,202	1,066	2,246	1,180	2.1
2. Annex VI	250	560	744	1,001	257	1.4
3. EU estimates	540	10,820	1,137	2,904	1,767	2.6

<표 32> Comparison of SOx and PM removing methods

	Reduction in SOx emissions 1,000tons	Reduction in PM emissions tons	Costs US\$ million	Benefits US\$ million	Net Benefits US\$ million	Benefit/ cost ratio
By EU legislation ;						
At Sea	237	-	719	936	217	1.3
Ferries	75	-	199	345	146	1.4
In-Port	92	6,202	148	965	817	6.5
Total	404	6,202	1,066	2,246	1,180	2.1
By Scrubbing permitted ;						
	529	6,202	865	2,736	1,871	3.2

4.4 선박대기오염물질 배출방지 방안

선박으로부터 발생하는 대기오염물질 배출방지를 위해 국제해사기구(IMO)에서 1997년 9월 26일 채택한 73/78 해양오염방지협약 부속서 6인 선박으로부터 대기오염방지 규칙(MARPOL 73/78 Annex VI)은 선박의 기관으로부터 발생하는 질소산화물의 배출방지를 위해 기관회전수에 따라 배출량을 정하고 있고, 황산화물의 배출방지를 위해 연료유속에 포함되어 있는 황함유량을 규정하고 있으며, 선박에 공급되는 연료유의 질을 정하고 있다. 또한 선박에서 폐기물을 소각하고자 할 경우는 반드시 국제협약에 규정한 소각기를 사용토록 하고 오존층파괴물질이 포함된 소화설비 등을 선박에 새로 설치를 금지하고 있다.

해양오염방지협약은 기타 안전관련 국제협약⁴¹⁾과 달리 국내에서만 운항하는 선박 및 어선에 대하여 면제할 수 있는 근거가 없어 거의 모든 선박에 적용된다. 동 협약의 취치를 감안하면 환경관련 협약은 어느 한 국가의 문제가 아니라 지구, 즉 전세계의 문제로서 인식되고 있다.

정부 및 산업계에서는 선박으로부터 대기오염방지 규칙이 1997년 9월 26일 채택된 이래로 오존층이 포함되어 있지 않은 소화기 및 냉장설비 등을 개발하여 선박에 탑재하고 있고, 2000년부터 규칙의 규정에 적합한 질소산화물 저감기관을 개발하여 선박에 설치하고 있다. 또한 정유업계에서는 탈황설비를 가동하여 저유황 연료를 생산하고 있고, 정부에서는 2000년부터 국제해사기구형 소각기의 형식승인 증서를 발급하고 있다.

이러한 시점에서 선박으로부터 대기오염물질의 배출 방지하기 위한 방안으로서 우선 협약을 국내법으로 수용하고 협약에 가입하여 규제의 실효성을 확보하여야 할 것이다. 또한 협약의 적용을 받지 않은 소형선박에 대하여 환경영향분석을 거쳐 규제 여부를 판단하여야 할 것이다. 그리고 항만국통제 점검을 강화하여 규제 이행을 제고하여야 하며, 협약에서 각 국가별로 자율성을 보장한 휘발성유기화합물의 규제항만, 규제화물, 선박의 크기 등을 환경정책부서와 협의하여 국제해사기구에 통보하여야 할 것이다. 또한 최근 유럽을 중심으로 배출량 기준을 강화하고 있으므로 이에 적합한 배기가스정화장치⁴²⁾ 등을 개발하여야 할 것이다.

국제해사기구(IMO)에서는 지구온난화를 발생시키는 온실가스를 규제하자

41) 해상인명안전협약(SOLAS) International Convention for the Safety of Life at Sea 등

42) 질소산화물 및 황산화물을 동시에 저감할 수 있는 설비로 IMO에서 검사지침을 개발하고 있음

는 방안이 제51차 해양환경보호위원회(MEPC)⁴³⁾에서는 중국 등의 개발도상국의 강력한 반대로 논의되지 못하였으나 제52차 회의⁴⁴⁾에서는 정치적인 사안을 제외하고 기술적인 사항을 논의하였고 2004년 11월 5일 러시아의 비준으로 2005년 2월경에 발효예정인 기후협약을 감안하면 선박의 온실가스 배출 규제도 머지않아 이루어질 것으로 보인다.

선박 온실가스의 주범은 이산화탄소이며 2004년 10월 현재 이를 방지할 수 있는 선박설비가 개발되어 있지 않지만 선박으로부터 온실가스 규제를 위해 배출방지설비를 조속히 개발하여 미래에 선박이 온실가스 배출 주범이란 오명을 받지 않도록 개발에 박차를 가하여야 할 것이다.

43) 2004년 3월 29일부터 4월 2일까지 영국 국제해사기구(IMO) 본부에서 개최

44) 2004년 10월 11일부터 10월 15일까지 개최

제5장 유해 방오물질 배출 방지

5.1 방오도료와 해양생물체의 피해

선체 표면의 거칠기 성분을 보면 작은 거칠기와 큰 거칠기로 나눌 수 있고, 작은 거칠기에는 박테리아 등의 작은 생물로 인한 오염, 페인트 작업상의 거칠기, Sand Blast 등에 의한 강판 표면 거칠기 및 얇은 부식 등이 있다. 큰 거칠기에는 조개나 해초 등 큰 생물의 부착에 의한 오염, 강판의 중첩, 용접 부위 및 깊은 부식 등을 들 수 있다.

선박의 마찰저항 증가 요인으로는 조개나 해초 등의 큰 생물이 붙어 거칠기를 크게 증가시키는 것과 페인트 노후로 인해 생긴 작은 거칠기 증가에 기인하여 거칠기를 크게 변화시키는 것과 방청 페인트 노후로 인한 부식에 의해 거칠기가 크게 증가되는 것을 들 수 있다. 따라서 선저 페인트는 물 아래 잠긴 부분의 선체에 녹이 스는 것을 방지하며, 해중 동식물의 부착을 막아주며, 경계층의 제어를 통해 직접적으로 마찰저항의 감소를 꾀할 수도 있다.

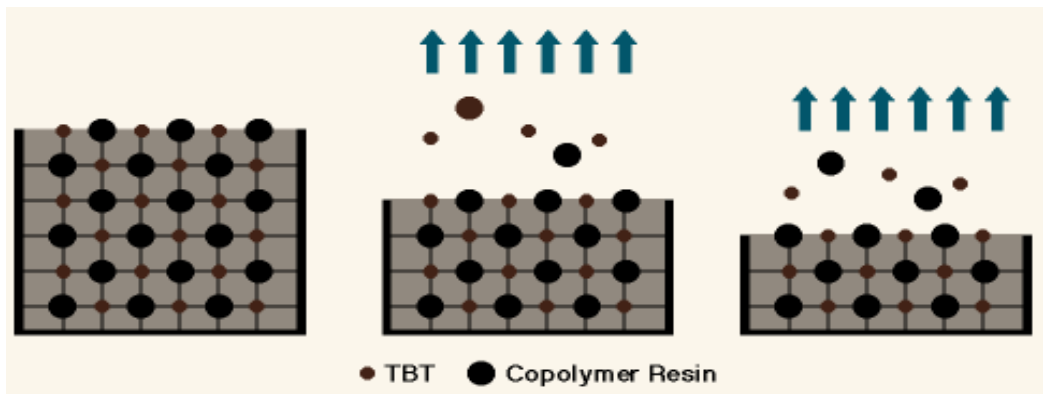
이제까지 쓰이고 있는 방오 페인트는 배의 침수표면에 생물 부착을 방지하기 위해 도막에서 방오제를 해수 중에 계속 방출하는 작용을 하고 있다. 이 방오제는 바다 중의 조개 등 생물이 싫어하거나 생물을 죽이는 역할을 하는 것이며, 오래전부터 아산화구리가 널리 사용되어 왔다. 방오제는 인체와 환경에 대한 안전성이 고려되어야 하므로 쉽게 생분해되고, 생물체에 축적되지 않으며, 독성이 적어야 함은 당연한 조건이다.

한때 유기비소, 유기수은 등이 해초 부착방지제로 쓰여 대단한 효과를 보기도 하였으나 환경 오염 문제로 인해 이제는 전혀 쓰고 있지 않다.

1980년 대 이후 유기주석을 사용한 자기 마모형 페인트(TBT-SPC)⁴⁵⁾가 개발되어 사용되고 있다. 이는 TBT 방오제가 녹아 없어진 빈 공간이나 부식 등으로 인해 표면이 거칠게 돌출된 부분이 물의 흐름에 의해 씻겨 없어져서 매끄럽게 되도록 만들어준 페인트이다. 근래에는 이 유기주석 화합물이 해양생물에 치명적인 영향을 미친다고 알려져서, 국제해사기구(IMO)에서는 유기주석을 사용한 방오페인트의 사용을 금지하기로 하고, 2003년부터 본격적인 시행에 들어갔으며, 2008년부터는 전면 사용이 금지될 것으로 보인다.

환경 문제와 관련하여, 앞으로의 선저 방오페인트의 개발 방향은 두 가지로 진행되고 있다.

그 하나의 방법으로 TBT 대신 해양생물에 영향을 미치지 않는 새로운 방오제를 사용하는 방법(TBT-Free SPC System)이며, 또 다른 하나는 페인트에 독성물질을 사용하는 화학적인 방법이 아니고 페인트의 표면을 매끄럽게 해 줌으로서 생물이 부착하지 못하도록 막아주는 물리적인 방법(Foul Release System)이다.



<그림 4> Self Polishing Co-polymer System

45) Tributyl-Tin Self-Polishing Co-Polymer

세계 각 국의 주요 페인트 생산 업체에서는 이미 유기주석을 사용하지 않는 새로운 방오페인트를 개발한 바 있으나, 그 비용이 기존의 제품보다 매우 비싸므로, 보다 저렴하면서도 성능이 좋은 방오페인트 개발에 노력하고 있다. 독성물질 연구를 통한 새로운 페인트 개발은 물론, 해양생물에 대한 영향 분석과 유체역학적인 성능 평가가 필수적 요소기술이 되는 것이다.

5.2 TBT 도료 사용 현황

유기주석화합물(organotin)은 가장 많이 사용되는 유기금속의 일종으로 1925년에 나방 방제용으로 처음으로 도입되었으며, 1960년대부터 병원균의 숙주가 되는 담수산 달팽이류를 구제하는 목적으로 사용된 이래, 농업 및 공업에 다양한 용도로 널리 쓰여 왔다. 유기주석화합물의 가장 주요한 용도는 PVC와 같은 중합체에 열안정제(heat stabilizers)로 사용되는 것과 농업용 살생물제(biocides)로 쓰이는 것을 들 수 있다.

유기주석화합물 중 트리부틸주석(Tributyltin ; TBT)은 선박과 해양구조물의 오손생물 부착을 막는 방오도료에 사용되고 있다.

방오도료에 사용되는 TBT는 프랑스 아카송만에서 굴 양식에 미치는 영향이 알려지면서 물에 영향을 미치는 위험한 독성물질로 분류되고 있다. 현재까지의 일련의 연구에서 TBT는 굴의 패각기형 및 굴 치패의 채묘(spat fall)를 방해, 유생의 성장저해 및 치사, 복족류의 임포섹스⁴⁶⁾ 유발 및 생체내

46) 임포섹스(imposex)란 복족류의 암컷에 수컷의 생식기관인 페니스(penis)가 생겨나는 현상을 말한다. 임포섹스는 '69년 영국의 Plymouth에 서식하는 dogwhelk(Nucella lapillus) 암컷에서 처음 발견되었다. 항구와 같이 선박활동이 활발한 지역에서 임포섹스가 증가하며, 이곳으로부터 거리가 멀어질수록 발

해독효소 저해(Fent and Stegeman, 1993) 등의 영향을 미치는 것으로 밝혀지고 있다.

TBT의 해양 유입경로는 방오도료가 칠해진 선박 또는 해양구조물 표면으로부터의 용출이 대부분을 차지하며 일부는 하수 및 폐수를 통해 유입되기도 한다. TBT는 3개의 부틸기를 포함하고 있어 강한 소수성(hydrophobicity)을 갖기 때문에 부유입자에 흡착되거나 생물체에 빠르게 농축되게 된다.

TBT의 LogKow(octanol-water partitioning coefficient) 값은 4.3-4.6 범위로 보고되고 있으며, 생물농축계수(bio-concentration factor)는 생물종에 따라 다른 값을 보이거나 일반적으로 수천에서 수만에 이르는 값을 보이고 있다.

부유입자 및 생물체에 농축된 TBT의 반감기는 짧게는 수개월에서 수년까지로 보고되고 있어 지속성을 검비한 독성물질로 분류되고 있다.

TBT의 이런 지속성, 생물농축성, 비표적생물에 미치는 독성 등은 선진국을 중심으로 1980년대부터 사용금지를 법제화하도록 하였으며, 국제해사기구(IMO)에서는 2003년부터 모든 신조선에 TBT 함유 방오도료의 사용을 금지하는 선박의 유해방오도료 시스템 사용 규제 국제협약을 채택하였으며, 2008년에는 모든 선박에 TBT 잔존금지를 포함하고 있다. 우리나라의 경우 2000년에 소형선박을 시작으로 단계적으로 사용을 규제하고 있다.

현율이 감소한다는 사실이 밝혀진 이후 많은 학자들에 의해 선박활동이 많은 곳에서 임포섹스의 높은 발현이 보고되어 왔다(Bryan et al., 1986; Horiguchi et al., 1994; Ten Hallers-Tjabbes, 1994). 유기주석화합물을 생체내 먹이나 물을 통해 주입한 경우, TBT가 가장 임포섹스를 잘 유발함을 보였고(Bryan et al., 1988) 해수 내 1 ng/l 이하의 TBT 농도에서 임포섹스가 유발되었다(Bryan et al., 1986). 임포섹스 발달의 조직학적 연구에 따르면 페니스의 형성과 함께 수정관(vas deferens)이 형성되고 완전히 형성된 후에도 과대 성장하여 결국 음문(vulva)을 막아 알의 방출이 억제됨으로써 암컷에 불임이 유발되며 이로써 개체군이 감소하게 된다(Gibbs and Bryan, 1986). 현장모니터링에 따르면 선박의 부착방지용 페인트에 의해 오염된 지역에서 불임된 암컷이 많이 관찰되었고(Bailey & Davies, 1989), TBT의 부착방지제로서 사용이 규제된 후 개체군의 회복이 보고되었다 (Evan et al., 1991).

5.2.1 TBT 함유 페인트의 국내 규제동향

TBT는 이미 우리나라 연안 고등류에서 임포섹스를 광범위하게 유발하고 있음이 밝혀졌으며, 연안 서식 이매패류 체내에서도 ppm 수준까지 보고가 되고 있다. 또한 연안의 해수 및 퇴적물에서도 광범위하게 검출되고 있는 것으로 보고되고 있다. 이러한 조사 결과를 바탕으로 해양수산부와 환경부에서 선박에 사용하는 방오도료 중에 TBT가 함유된 제품 사용을 표 33과 같이 단계적으로 규제를 하는 법을 정하고 있다.

<표 33> 우리나라 TBT 함유 방오도료 규제현황

단 계	규 제 대 상	규 제 시 기
1 단계	- 연근해 어선, 잡종선 - 해양시설 및 항만시설중 일부 또는 전부가 해수와 접촉하는 구조물 - 어망·어구	2000년 3월 8일부터 시행 중 (1999년 9월 8일 고시개정)
2 단계	- 내항여객선	2001년 6월 29일부터 시행 중 (2000년 12월 29일 고시개정)
3 단계	- 내항화물선	2002년 7월 1일부터 시행 중
4 단계	- 외항선 (여객선, 화물선) - 원양어선	2003년 9월 16일 시행중

규제법상 주로 연안에서 왕래하는 연근해 어선, 잡종선 및 기타 해양구조물에 대한 TBT함유 방오도료의 사용은 2000년 3월부터 규제하고 있다. 또한 가두리 양식장이나 어류의 포획에 이용하는 어망 및 어구에 대한 사용도 같은 시기부터 규제를 하고 있다. 또한 2단계, 3단계 법 개정을 통해 내항여객선 및 내항화물선에 대한 TBT 함유 방오도료 사용 금지법을 2001년 6월과

2002년 7월에 각각 시행하고 있으며, 마지막 4단계인 외항선 및 원양어선을 포함하는 모든 선박에 대한 TBT 함유 방오도료의 전면적인 사용규제는 현재 고시개정을 거쳐 2003년 9월 16일부터 시행하고 있다.

5.2.2 TBT 함유 방오도료 및 Tin-free 방오도료 생산량

TBT 함유 방오도료의 살생물제인 TBT류 화합물은 국내 S사에서 생산하고 있으며, 최종 방오도료 형태로의 생산은 8개의 업체에서 이루어지고 있다. 8개 업체 중 1개 업체를 제외한 나머지 업체는 외국기업과의 합작형태를 유지하고 있으며, 제품의 자체개발 보다는 외국합작업체에서 개발된 제품의 국내 생산 및 판매에 주력하고 있다. TBT 함유 방오도료에 대한 국제적인 규제동향 및 단계적인 국내 규제법 수용에 따라 TBT 대체 방오물질을 사용한 Tin-free 방오도료 역시 생산하고 있다. 해양수산부에서 2001년 8개 업체를 대상으로 조사한 방오도료 생산 현황을 보면 표 34와 같다.

<표 34> 국내 업체별 TBT 및 Tin-free 방오도료 생산현황(2001)

회사명	총계(A)	TBT(L)			Tin-free(L)		
		소계	채래식	SPC	소계(B)	채래식	SPC
A	578,341	418,195	0	418,195	160,146	47,256	112,890
B	5,208	4,290	970	3,320	918	0	918
C	120,013	79,911	1,189	78,722	40,102	28,482	11,620
D	1,970,000	1,200,000	0	1,200,000	770,000	280,000	490,000
E	282,060	119,200	44,000	75,200	162,860	129,860	33,000
F	700,639	389,031	0	389,031	311,608	219,400	92,208
G	325,170	0	0	0	325,170	0	325,170
H	1,814,000	1,384,000	0	1,384,000	430,000	261,000	169,000
합계	5,795,431	3,594,627	46,159	3,548,468	2,200,804	965,998	1,234,806

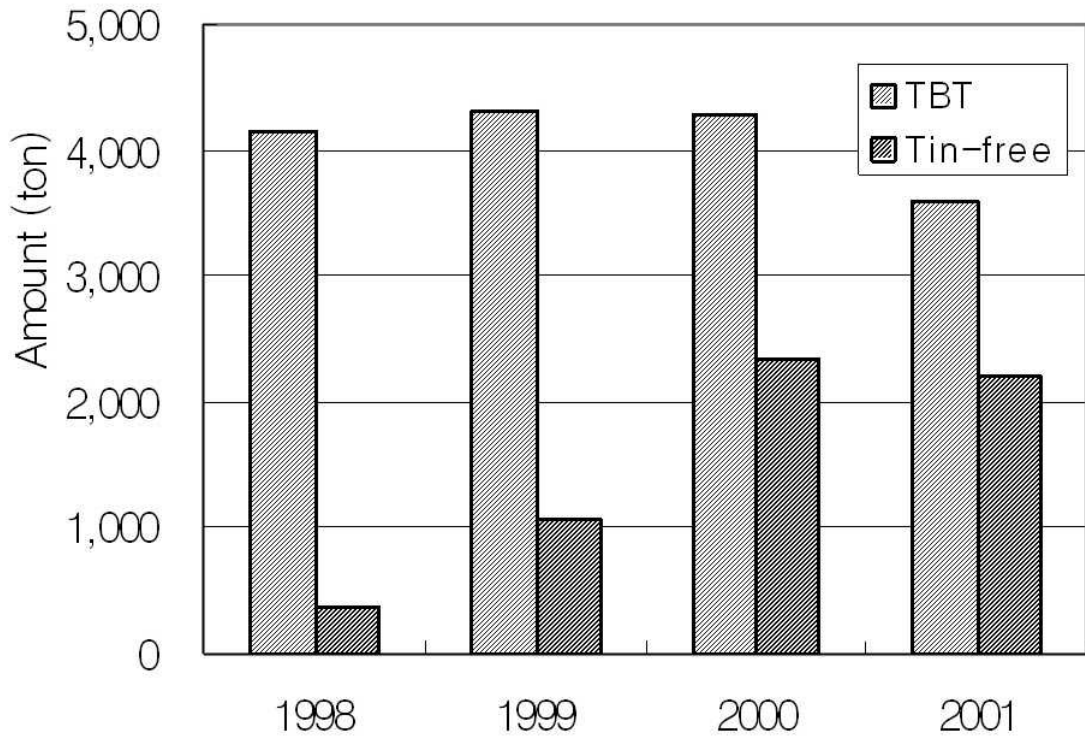
* 자료 : 해양수산부

방오도료의 경우 방오성능을 갖는 독성물질을 수지 및 안료와 혼합한 형태의 재래식과 TBT 또는 대체 방오물질과 레진을 공중합시킨 자기마모형 (SPC)⁴⁷⁾이 있다. 2001년 국내 방오도료 생산 현황으로 볼 때, TBT 함유 방오도료는 방오기간이 길며 성능이 우수한 자기마모형이 98.7%를 차지하고 있는 반면, Tin-free 방오도료의 경우 56.1%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 이는 TBT 대체제로 쓰이는 방오물질이 수지와 공중합체로 만들기 어렵거나 아직 공중합체로 만들어 도료로 포블레이션 하는 기술개발이 늦기 때문이다.

TBT 함유 방오도료의 환경위해성에 대한 인식의 확산과 함께 국제해사기구(IMO)의 협약에 따라 대부분 업체에서는 Tin-free 방오도료의 생산을 전면규제 예정시기인 2003년 이전부터 생산해오고 있으며, 국가별로 TBT 함유 방오도료의 규제 형태가 다를 뿐더러 선주의 요구 및 사용량 증가에 따라 TBT를 함유하지 않은 Tin-free 방오도료의 생산은 생산량 통계를 조사하기 시작한 1998년 이후로 꾸준히 증가하고 있는 추세에 있다(그림 5).

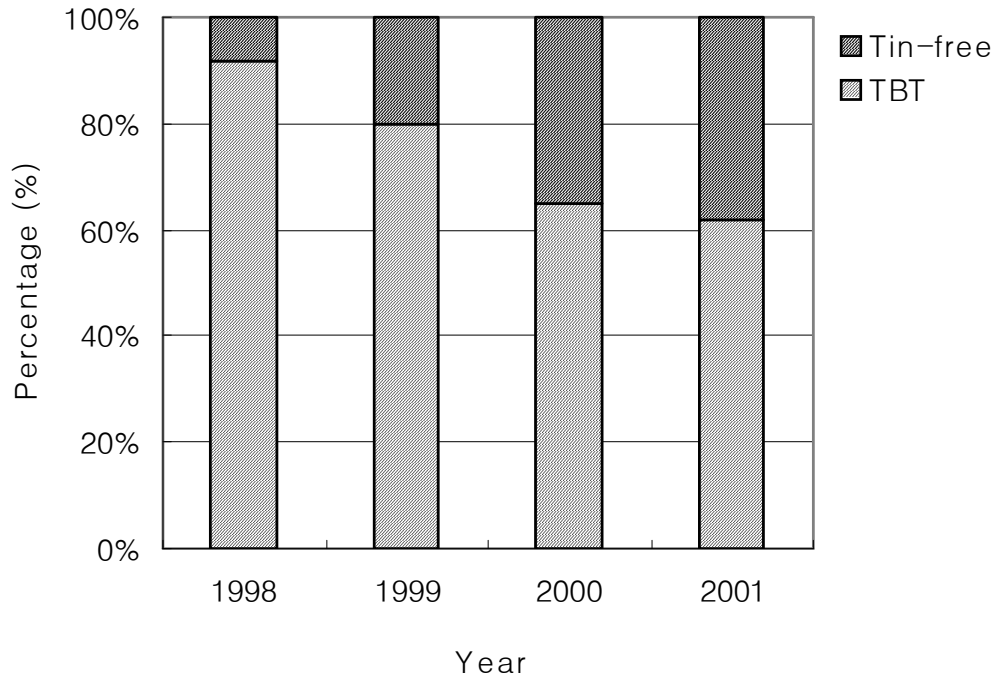
TBT 함유 방오도료의 사용량은 1998년에 4,139톤에서 2001년 3,594톤으로 1998년 대비 13% 감소하였으나, Tin-free 방오도료의 생산량은 1998년 373톤에서 2,200톤으로 약 6배 가량 증가하였다. 페인트 형태에 따른 변화양상은 TBT 함유 방오도료의 경우 자기마모형 형태는 큰 생산량 변화를 보이지 않았으나, 재래식의 경우 1998년 333톤에서 2001년 46톤으로 큰 폭으로 감소하였다. 반면 Tin-free 방오도료의 경우 재래식과 자기마모형 형태 모두 1998년에 각각 270톤과 102톤에 비해 2001년에는 각각 965톤과 1,234톤으로 증가하였고, 재래식에 비해 자기마모형 형태의 증가폭이 상대적으로 크게 나타나 기술개발에 따른 자기마모형 형태의 Tin-free 방오도료의 생산량이 증가하고 있음을 나타내고 있다.

47) Self-polishing co-polymer



<그림 5> TBT 및 Tin-free 방오도료 국내생산 현황(1998-2001)

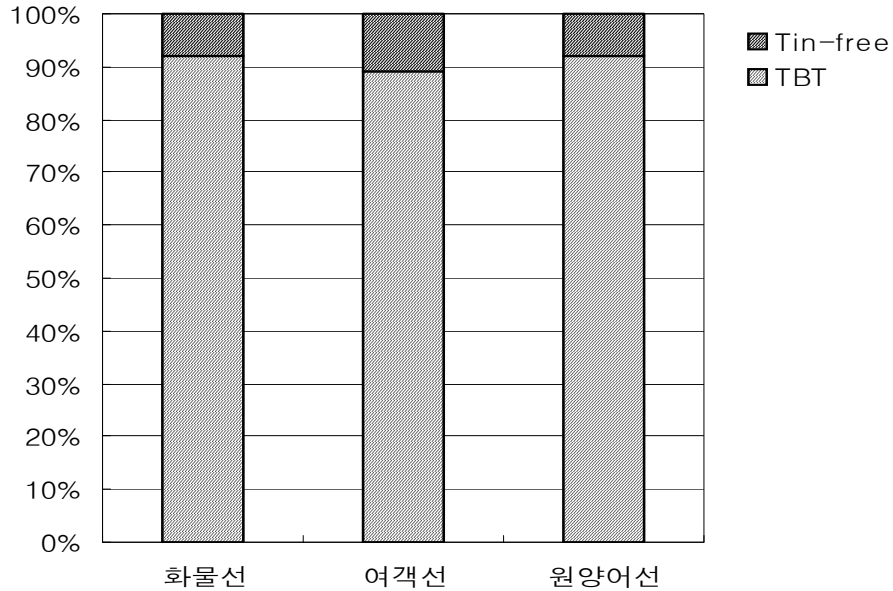
1998년에서 2001년 사이에 전체 방오도료 생산량 중 TBT 방오도료가 차지하는 비중은 92%에서 62%로 감소하고 있으며, 상대적으로 Tin-free 방오도료의 생산량은 8%에서 38%로 증가하고 있다(그림 6). 이는 많은 신조선이 국제해사기구(IMO)의 규제이전에 이미 TBT를 함유하지 않은 Tin-free 방오도료를 사용하고 있고, 대부분의 페인트 업계에서 규제 시행이전에 TBT 함유 방오도료의 생산량을 줄이고 Tin-free 방오도료의 생산량을 증대시키고 있는 이유 때문으로 사료된다.



<그림 6> TBT 및 Tin-free 방오도료 생산량 비교(1998~2001)

5.2.3 TBT 함유 방오도료 도장 현황

TBT 함유 방오도료의 1~3단계 규제(2000~2002년) 대상 선박이 아닌 외항선(여객선 및 화물선)과 원양어선에 대한 방오도료 사용 현황에 대한 해양수산부 통계자료에 의하면, 설문에 응답한 776척의 선박 중 714척(92%)의 선박이 TBT가 함유된 방오도료를 2002년 12월말 현재 사용하고 있으며, 이를 선박 톤수로 비교하면 총 14,035,372톤 중 13,896,238톤(99%)이 TBT 함유 방오도료를 사용하고 있다.



<그림 7> 외항선·원양어선의 TBT 및 Tin-free 방오도료 사용현황

선박 종류별로는 화물선의 경우 460척 중 424척(92.2%), 여객선은 9척 중 8척(88.9%), 원양어선은 307척 중 282척(91.9%)이 TBT 함유 방오도료를 사용하고 있었다. 이들 선박은 4단계 규제법 시행 이후에는 수리 또는 선저 방오도료 재도장시 Tin-free 방오도료로 대체되어 도장될 것으로 사료되며, TBT 자기마모형 도료의 보증기간 5년을 고려할 때, 전체 선박이 Tin-free 도료로 대체될 때까지는 몇 년이 소요될 것으로 사료된다.

5.3 유해방오물질 배출방지 방안

국제해사기구(IMO)에서 선박의 유해방오도료시스템 사용 규제 국제협약

을 2001년 10월 5일 채택되었으나 2004년 10월 현재 8개국만 협약에 비준하고 있어 발효 조건인 25개국에 미치지 못하여 국제적으로는 발효되지 않고 있다. 그러나 협약에서 2003년 1월 1일부터 선박에 TBT가 포함된 유해방오도료를 사용하지 못하도록 하고 있고, 2008년 1월 1일부터는 선박에 TBT가 포함된 유해방오도료의 잔존물이 없도록 규제하고 있으므로 2004년 10월 현재 협약은 발효되지 않았으나 실질적으로는 2003년 1월 1일부터 규제를 시행하고 있는 것으로 볼 수 있다.

유해방오도료로 인한 해양생물체의 피해, 즉 임포섹스 등으로 인해 수산물의 피해가 심각한 것으로 알려지면서 우리나라는 규제계획을 수립하여 2000년 3월 8일부터 단계적으로 규제를 시작하여 2003년 9월 16일부터는 모든 선박에 유해방오도료를 사용하지 못하도록 하고 있다.

그러나, 국제적으로는 국제협약에 비준한 국가 부족으로 언제 발효될지 예상하기가 어려운 실정이다. 현재 세계적으로 TBT가 포함되어 있지 않은 도료를 생산하고는 있으나 방오효과가 미흡하여 선박의 운항속도가 저하되어 운항효율이 떨어지고 있어 해양환경보호와 선박의 운항 효율 즉 경제의 논리에서 서로 상반된 견해가 제시되고 있다.

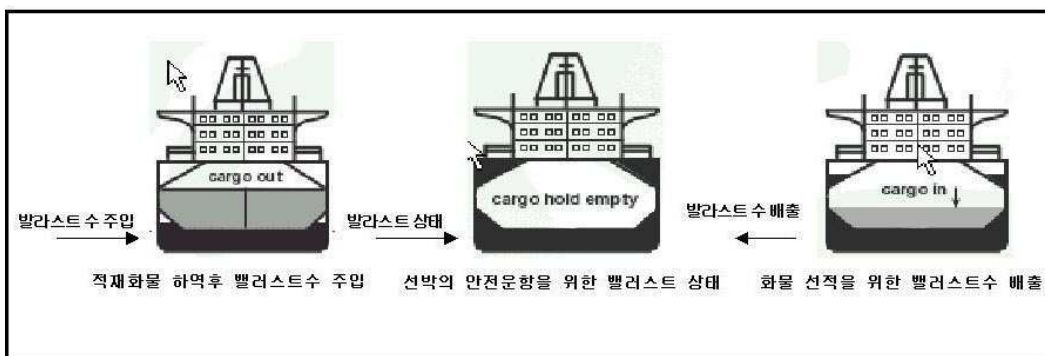
우리나라는 국제협약 발효에 앞서 유해방오도료의 생산 및 사용을 규제하고 있으므로 수산물 등의 피해는 없을 것으로 사료되나 현재까지 개발된 무해방오도료는 선박의 운항효율이 떨어지므로 방오효과가 큰 TBT가 포함되어 있지 않은 방오도료의 개발이 시급한 실정이고, 협약에 가입하여 규제의 실효성을 확보하여야 한다.

제6장 선박밸러스트수로부터 해양생태계 보호

6.1 선박밸러스트수 관리의 개요

전세계 물동량의 80% 이상을 차지하는 화물선은 선적화물이 충분하지 않을 경우 물속에서 효율적인 추진기 및 방향타의 작동과 선박의 균형유지 및 안정성을 높이기 위해 그림 8에 보이는 바와 같이 밸러스트 탱크에 해수를 담은 상태로 운항된다. 이러한 밸러스트 탱크내에 들어 있는 물을 밸러스트수(ballast water)라고 하는데, 밸러스트수는 선박의 흘수와 트림을 조정하기 위하여 적재하는 중량으로 선박의 균형 유지와 안정성을 높이는 기능을 하게 되며, 화물을 충분히 적재하지 않은 경우에 추진기와 방향타가 물 속에서 효과적으로 작동되게 하는 보조기능을 수행하게 된다.

밸러스트수는 선박이 철재로 건조되기 시작한 1870년대 후반부터 사용되고 있으며, 선박에 따라 밸러스트수를 적재하지 않고, 광석이나 모래 등을 밸러스트로 사용하는 경우도 있으나, 오늘날에는 해수나 담수를 밸러스트로 사용하는 것이 보편화되어 있다.



<그림 8> Concep of the Ballast Water Condition in Ship

밸러스트수는 항만이나 수로, 대양에서 해수 또는 담수로 적재되어 분리된 밸러스트수 탱크나 빈 화물창에 담긴 상태로 운송되며, 해수에 섞여 있는 해양생물은 밸러스트수와 함께 취수되어 선박의 밸러스트수 탱크로 옮겨진다. 밸러스트수의 취수와 배출은 선박이 기항하는 국가의 산업 발전 정도, 자원 등의 부존 여부 등에 따라 차이가 있을 수 있는데, 선박의 특성상 밸러스트수를 대량으로 적재해야 하는 유조선이나 산적화물선(bulk carrier)의 경우, 산유국이나 철광석 등의 원료 수출국이 수입국에 비하여 밸러스트수에 기생하는 병원균이나 외래 해양생물 종의 위험에 노출될 가능성이 많다. 국제해사기구(IMO)의 자료에 따르면, 전세계적으로 매년 100억 톤 이상의 밸러스트수를 운송하는 것으로 추정되고 있다.

선박의 밸러스트수 탱크의 구조, 즉 파이프와 펌프 등 배관장치는 선박에 따라 각각 차이가 있으며, 유조선의 경우는 해양오염을 방지하기 위하여 국제협약에 따라 거의 대부분이 밸러스트수 탱크가 이중 선체로 되어 있다. 산적화물선의 경우는 이중저 선박에는 선저에 밸러스트수 탱크가 있지만, 일반 산적화물선은 선측 또는 선수 및 선미 등에도 이 같은 설비를 갖추고 있다.

한 예로 산적화물선의 경우, 화물을 적재하지 않은 상태에서는 100,000톤 이상의 밸러스트수를 실을 수 있다. 컨테이너선은 통상 분리 밸러스트수 탱크를 갖추고 있는데, 산적화물선에 비하여 선박에 실을 수 있는 밸러스트수의 적재 용량이 매우 적은 것이 특징이다. 대략 대형 선박을 기준으로 약 15,000톤을 넣고 운항할 수 있다. 여객선이나 유람선·페리보트 등도 대체적으로 밸러스트수를 적게 적재한다.

대부분의 선박은 구조강도를 높이기 위하여 수직 및 수평, 그리고 선측·선수·선미 부분에 밸러스트수 탱크를 설치하는데, 이 같은 밸러스트수 탱크

의 크기는 탱크의 형태 및 선박의 톤수에 따라 차이가 있다. 컨테이너 선박의 각 탱크는 약 500톤 이상의 밸러스트수를 적재할 수 있고, 대형 컨테이너 선박의 선측 탱크는 높이 15미터, 길이 10미터, 깊이 2~3미터로 되어 있다.

밸러스트수는 플라스틱 폐기물이나 목재 등 해상 부유 폐기물이 선박에 유입되는 것을 방지하기 위해 선수에 설치되어 있는 해수함(sea chests)을 통하여 취수되는 것이 보통이다.

6.2 밸러스트수에 의한 해양생태계 피해 현황

밸러스트수에 의한 문제는 기본적으로 밸러스트수(ballast water)가 외래 생물종을 전파하는 매체로 이용되는 점이다. 즉 밸러스트수내에 들어 있는 특정 해역의 생물 또는 병원균 등이 밸러스트수를 담고 있는 선박에 의해 전혀 다른 타 해역으로 이송되어 그 해역의 환경과 생태계를 교란시키는 부작용을 유발하게 된다(그림 9~10). 밸러스트수내 생물종의 국가간 이동으로 인하여 나타나는 문제는 생태계 교란뿐만 아니라 연안 산업이나 다른 상업적 활동 또는 자원에도 큰 피해를 유발하는데, 미국에서만 해마다 약 미화 1,380억불 규모의 경제피해가 외래생물종에 의해 유발되는 것으로 추정되고 있다.

밸러스트수를 통해 유입된 외래생물종 또는 병원균은 일반적으로 첫째, 기존의 토착생태계를 파괴 또는 교란시키거나 둘째, 병원균 및 독성생물에 의해 수산자원 및 인간 건강을 위협하고 셋째, 생물종의 제거나 기타 수산경제적 측면에서 막대한 손실을 유발하는 피해를 초래한다. 국내에서는 아직까지 외래 생물종에 대한 해양생태계 또는 경제 피해사례에 관한 연구보고가 이뤄지지 않고 있으나, 유럽이나 미국 등에서는 지난 80년대부터 그 피해사례가 자주 보고되고 있다. 밸러스트수내 외래 생물종에 의한 주요 피해사례

는 다음과 같으며, 우리나라에서도 관련 해양 생태학적 연구조사가 시급히 이뤄져야 할 것이다.

북미에서만 서식하던 빗해파리가 1982년 밸리스트수에 의해 유럽의 북해로 유입되어 최대 1kg/m³ 정도로 왕성히 번식하여 어족자원의 먹이가 되는 플랑크톤을 왕성히 잡아먹어 최대 5억불의 어업손실을 유발하였다.

유럽산 홍합류는 미국 오대호(Great Lakes)내로 1959년 항로개설 이후 현재까지 130여종의 외래생물종이 유입되었으며, 특히 유럽산 홍합류⁴⁸⁾가 대량 번식(전체 수역의 40% 점유)하여 생태계 교란뿐만 아니라 발전소나 공장의 취수구를 막아 큰 문제를 일으키기도 하였다. 미국과 캐나다는 이 홍합들을 퇴치하기 위해 지난 1989년부터 2000년까지 약 7억 5천만불~10억불 규모의 비용을 지불하기도 하였다.

우리나라, 일본 등 북태평양 연안에서 서식하는 극동 아시아산 아무르불가시리⁴⁹⁾가 오스트레일리아 남부 연안으로 유입, 대번식되어 굴과 같은 패류의 생물자원에 큰 피해를 유발하였다.

적조 및 기타 해조류는 호주와 뉴질랜드에는 아시아산으로 추정되는 패독성 적조로 인해 양식업에 막대한 피해를 끼쳐 심각한 환경문제를 야기한 바 있으며, 아울러 우리나라 등 극동 아시아에만 사는 미역⁵⁰⁾이 호주로 유입되어 일부 해역에서 고유종을 제치고 극우점종으로 자리 잡은 경우도 있다.

위의 사례 이외에 많은 지역에서 외래 생물종에 의한 피해가 보고되고 있다. Globallast⁵¹⁾ 프로그램 사무국의 자료에 의하면, 연간 30억~100억톤이 이용되는 밸리스트수를 통해 1일 평균 약 6,000여종의 동식물이 고유해역을 벗

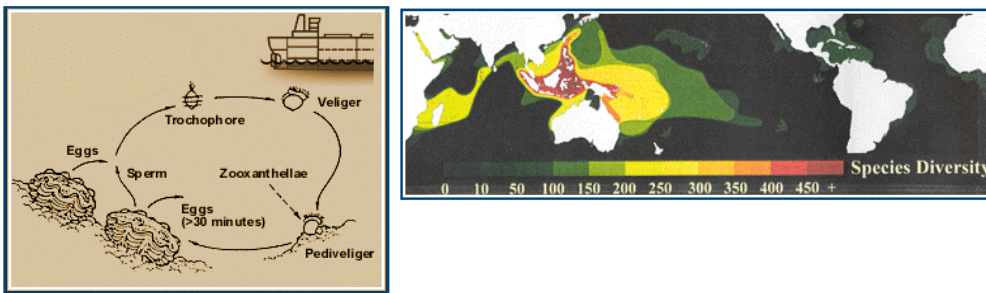
48) *Dreissena polymorpha*

49) *Asterias amurensis*

50) *Undaria pinnatifida*

51) 밸리스트수 관리를 위한 지역협력방안 프로그램(Globallast : Global Ballast Water Management Programme)

어나 이동되고 있는 것으로 추정되고 있다. 물론 이들 대부분의 생물들이 새로운 환경에서 생존할 확률은 약 3% 정도로 매우 낮지만, 정착에 성공한 1~2 종에 의한 해당 해역의 생태계 교란 및 경제 피해는 위에서 열거한 주요 사례에서 알 수 있듯이 매우 심각하다.



<그림 9> Invasive species diversity



<그림 10> Marine species in ballast water

6.3 세계적 대응현황

국제해사기구(IMO)의 주도하에 2004년 2월 13일 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)을 채택하였으며, 2008년부터는 각 국에서 강제규정으로 적용하여 시행하는 것을 목표로 추진되고 있다. 이에 따라 미국, 일본, 호주 비롯한 선진국에서는 밸러스트수 관리 및 배출규제에 연구개발과 규정을 개발하고 있다. 선진국에서는 밸러스트수내 외래생물 및 병원균에 의한 자국내 분포 및 환경피해 사례에 관한 폭넓은 실태조사를 수행하고 있으며, 이 결과를 기초로 하여 외래종의 유입차단을 위한 밸러스트수 관리법안을 오스트레일리아, 미국 등에서 마련하여 시행을 하거나 준비 중에 있다.

6.3.1 미국의 대응방안

1980년대 초에 유럽에서 유입된 홍합으로 오대호 등에서 상당한 피해를 입은 미국은 1990년에 비토착 수중생물 규제법과 1996년에 국가 침입종법을 각각 제정하여 외래 해양 생물 종의 유입에 적극 대처하고 있다. 1990년 법률에서는 시급한 현안 사항으로 부각된 오대호 문제를 해결하기 위하여 오대호에 입항 예정 선박에 대해서는 배타적 경제수역(EEZ) 이원이나 수심 2,000미터 이상 해상에서의 밸러스트수의 교환을 의무화하였고, 국가에서 밸러스트수를 체계적으로 관리하는데 필요한 연구사업의 시행을 명시하였다. 1996년 법률은 연방법률로서, 1990년 법의 내용을 다시 승인하고, 오대호 입항 선박에 대해서만 일정한 규제조치를 부여하였던 기존의 법률의 적용범위를 미국 전 해역으로 확대하였다. 이외에도 1996년 법률은 수중 생태계 방해종

(ANS)의 유입과 확산을 최소화하기 위한 임의의 국가 지침의 도입을 규정하고 있다. 또한 1996년 법률에 따라 2000년 초에 국가 밸러스트수 관리프로그램을 마련하였으며, 이 계획에는 미국 수역에 있는 모든 선박 운항자에게 밸러스트수 관리의 촉진, EEZ 이원에서 미국 수역으로 입항하는 모든 선박에 대하여 자발적인 밸러스트수 관리지침의 제공, EEZ 이원에서 미국 수역으로 입항하는 모든 선박에 대하여 밸러스트수를 교환한 날짜 등의 통보 요구 등에 관한 사업이 포함되어 있으며, 현재 임의규정으로 되어 있는 1996년 법률상의 밸러스트수 관리지침의 이행을 의무화하는 한편, 이를 위반하는 경우, 민사 및 형사책임을 부과할 방침이다. 클린턴 대통령은 1999년 2월에 미국 침입종 대책위원회의 설립을 주요내용으로 하는 행정집행명령(13112호)에 서명하였다. 이 위원회는 침입 비토착 생물종 문제를 해결하기 위하여 국가 실행계획을 입안하고, 이행하는 임무를 수행하게 된다.

BALLAST WATER REPORTING FORM													
1. VESSEL INFORMATION							2. BALLAST WATER						
Vessel Name:			Type:	IMO Number:			Specify units: m ³ , MT, LT, ST						
Owner:			GT:	Call Sign:			Total Ballast Water on Board:						
Flag:			Arrival Date:		Agent:		Total Ballast Water Capacity:						
Last Port and Country:							Arrival Port:						
Next Port and Country:													
3. BALLAST WATER TANKS							4. BALLAST WATER HISTORY: RECORD ALL TANKS THAT WILL BE DEBALLASTED IN PORT STATE OF ARRIVAL; IF NONE GO TO NO. 5.						
TOTAL NO. OF TANKS ON BOARD							BALLAST WATER MANAGEMENT PLAN ON BOARD? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MANAGEMENT PLAN IMPLEMENTED? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>						
NO. OF TANKS EXCHANGED							NO. OF TANKS IN BALLAST						
NO. OF TANKS NOT EXCHANGED							IF NONE IN BALLAST, GO TO NO. 5.						
Tanks/Holds (List multiple sources/tank separately)	BW SOURCE				BW EXCHANGE				BW DISCHARGE				
	DATE DDMMYY	PORT or LAT. LONG.	VOLUME (units)	TEMP (units)	DATE DDMMYY	ENDPOINT LAT. LONG.	VOLUME (units)	% Exch.	SEA Hgt. (m)	DATE DDMMYY	PORT or LAT. LONG.	VOLUME (units)	SALINITY (units)
Ballast Water Tank Codes: Forepeak = FP, Aftpeak = AP, Double Bottom = DB, Wing = WT, Topside = TS, Cargo Hold = CH, O = Other													
IF EXCHANGES WERE NOT CONDUCTED, STATE OTHER CONTROL ACTION(S) TAKEN:													
IF NONE, STATE REASON WHY NOT:													
5. IMO BALLAST WATER GUIDELINES ON BOARD (RES. A... (20))? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>													
RESPONSIBLE OFFICER'S NAME AND TITLE (PRINTED) AND SIGNATURE:													

<그림 11> Ballast water reporting form in USA

6.3.2 호주의 대응방안

호주는 밸러스트수 문제에 가장 적극적으로 대처하는 국가로서, 국제해사기구(IMO)에 이 문제를 해양환경보호위원회(MEPC) 공식의제로 채택할 수 있도록 처음으로 문제를 제기하였다. 호주 해역에 입항하는 선박에 대해서는 밸러스트수 배출에 관한 임의 규정을 적용하고 있으며, 1998년부터 2년 동안 자국 항만에 입항하는 선박에 대하여 밸러스트수를 관리하기 위한 부담금을 부과한 바 있다. 특히 1990년부터 입항하는 모든 선박에 대하여 자발적으로 밸러스트수 관리지침을 적용하고 있는데, 주요 내용은 첫째, 깨끗한 밸러스트수를 취수하고, 천해 수역·준설사업이 진행되고 있는 지역·콜레라나 적조 등이 발생한 지역에서의 밸러스트수 넣기를 피한다. 둘째, 연안 또는 하구역 지역에서 서식하는 생물종이 밸러스트수에 유입되는 것을 막기 위하여 해상이나 폐쇄되지 않은 해역에서의 밸러스트수 교환을 권장한다. 셋째, 밸러스트수 탱크에 있는 잔류 퇴적물질을 배출하지 않는다.

호주에서 밸러스트수 문제를 다루는 기관은 검역청(AQIS⁵²⁾)이며, 밸러스트수에 관한 전반적인 프로그램을 수립·운영하고 있다. 이 프로그램에 포함되어 있는 개별사업으로는 밸러스트수 처리기술의 개발, 밸러스트수 교환 모니터링 방법의 개발, 항만 비상계획의 수립, 공공인식 캠페인의 시행 등이다. 호주의 이 같은 밸러스트수 관리정책은 인접국인 뉴질랜드와 호주 항만의 이용률이 높은 일본 등과의 협력관계를 바탕으로 이루어지고 있다.

52) Australian Quarantine and Inspection Service

<표 35> 국가별 밸러스트수 규제 현황

국가	밸러스트수 규제 현황
미국	오대호 입항 선박에 대해 밸러스트수 교환 의무화
오스트레일리아	자국항을 이용하는 외국선박에 대한 밸러스트수 지침 이행 권고
캐나다	밴쿠버내 콜롬비아 항에 정박하는 선박에 대해 밸러스트수 해상 교환 의무화
이스라엘	이스라엘내 항구에 정박하는 모든 선박에 대해 해상에서 밸러스트수 교환 후 입항 의무화. 특히 엘리엇(Eliat) 항에 정박하는 선박은 반드시 홍해 밖에서, 지중해항에 입항하는 선박은 태평양에서 밸러스트수 교환 강제
칠레	콜레라를 포함한 어떤 병원균의 위험이 있는 소재지로부터 입항하는 선박에 대해 최소 12해리 이상에서 밸러스트수 교환 의무화
파나마	파나마 운하내 밸러스트수 포함 어떤 물질도 배출 금지
아르헨티나	1990년대 초부터, 부에노스아이레스 항만 당국은 입항하는 모든 선박에 대해 염소처리 의무화. 염소처리는 밸러스트수 탱크내 환기구로 주입
뉴질랜드	1992년부터 임의 지침 제정·시행함. 입항 선박은 밸러스트수가 오염되지 않은 증거를 제시해야 함. 밸러스트수의 무독성을 증명하거나, 해상에서 밸러스트수를 교환했다는 증명을 할 수 있어야 함.

6.3.3 국제해사기구(IMO)의 대응

선박에서 배출되는 밸러스트수 문제가 국제적인 문제점으로 등장한 것은, 1967년에 발생한 대형 유조선 토리 캐년(Torrey Canyon)호의 유류오염사고를 계기로 선박에 의해서 야기되는 모든 오염사고를 규율하는 국제협약, 즉 73/78 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)에 대한 국제해사기구(IMO)의 제정 작업 과정에서 사람에게 해로운 병원균을 옮기는 선박의 밸러스트수 문제가 제기되었다. 선박의 국제적인 이동으로 인하여 한 국가에서 탑재한 밸러스트수를 다른 국가에서 배출할 경우 서로 상이한 해양생태계 때문에 수중생물에 많은 유해를 끼친다는 보고결과를 근거로 국제해사기구(IMO)는 선박을 통한 밸러스트수 이동을 방지하기 위한 조치를 강구하여 왔다.

아울러 1992년 유엔환경개발회의(UNCED)에서 비토착생물의 확산방지를 위한 밸러스트수의 배출에 관한 강제적인 조치를 준비하도록 국제해사기구(IMO)에 요청하였다. 이에 국제해사기구는 1993년과 1997년의 국제해사기구의 총회에서 밸러스트수 관리지침을 채택하고 MARPOL 73/78의 새로운 부속서로 밸러스트수 관리규제에 관한 논의를 수행토록 산하 해양환경보호위원회(MEPC)에 요청하였다. 그러나 해양에서의 밸러스트수 교환문제가 선박의 안전에 미치는 영향이 심각해짐에 따라 선박 및 인명의 안전에 관한 방안까지를 강구하여 별도의 새로운 협약의 형태로 개발기로 하고, 관련 작업반에서 구체적인 쟁점들에 관해 활발히 논의하고 있다.

해양환경보호위원회(MEPC)에서 밸러스트수 관리를 위한 논의결과, 현재 밸러스트수로 인한 생태계의 파괴 및 오염을 방지하기 위한 방안으로서 크게 두 방안이 제시되고 있다. 첫째, 항만내로 입항하기 전 밸러스트수를 일정한 해역에서 교환하는 방안, 2) 적재하고 있는 밸러스트수를 물리, 화학적 방법

을 통해서 살균 또는 소독하는 방안이다. 상기의 두 가지 방안중 밸러스트수를 물리, 화학적으로 살균 또는 소독하는 방안은 선박내 밸러스트수의 양이 많기에 그 유효성에 의문이 있어 크게 각광받고 있지 못하고 있으며, 주로 대양에서 밸러스트수를 교환하는 방안에 대하여 주된 검토가 이루어지고 있다. 그러나 최근까지도 일부 국가에서는 밸러스트수의 처리를 위한 여과장치, 자외선 소독장치, 살균제를 이용한 물리화학적 방법을 계속 제안하고 있다.

밸러스트수 관리를 위한 규칙초안은 지난 1997년 국제해사기구(IMO) 총회에서 채택한 바 있으며, 초안에 포함된 주요 내용으로는 ① 유해생물이 상대적으로 많은 항구지역이나 저서생물이 포함될 가능성이 높은 천소해역에서 밸러스트수를 취수금지 등 밸러스트수내 생물흡입을 최소화하는 방안, ② 정기적으로 밸러스트를 청소하고 탱크내 가라앉은 진흙이나 기타 퇴적물을 제거하는 방안, ③ 불필요한 밸러스트수의 배출금지, ④ 밸러스트수 배출 및 교환해역 지정문제, 육상에서 밸러스트수를 처리하는 방안 등 밸러스트수 관리 방안 및 처리절차 등이 포함되어 있다.

국제해사기구에서 추진하고 있는 선박의 밸러스트수 관리는 크게 세 가지 방향에서 이루어지고 있는데, 첫째는 밸러스트수의 배출을 규제하기 위한 결의서의 채택이고, 둘째는 국제적으로 통일된 기준과 원칙에 따라 밸러스트수의 배출을 규제할 수 있는 협약의 제정이며, 셋째는 유엔개발계획(UNDP)·세계환경기구(GEF)⁵³⁾와 공동으로 세계 주요 지역에서 밸러스트수 관리를 위한 시범사업 진행이다.

국제해사기구는 1992년 10월 제33차 해양환경보호위원회(MEPC) 회의에서 호주에서 제출한 밸러스트수에 관한 보고서를 검토하기 위하여 비공식 작업반⁵⁴⁾을 설치하였고, 이 작업반에서는 1991년에 채택한 결의서를 재검토하

53) Global Environmental Facility

는 한편, 밸러스트수에 대한 문제점을 조사하기로 하였다.

호주는 1993년 제34차 해양환경보호위원회(MEPC)회의에 13개국에서 제출한 답변서를 토대로 작성한 밸러스트수 조사보고서를 제출하였으며, 이 조사보고서는 밸러스트수의 유입으로 인한 문제점으로, 세계 몇 개국은 외래 해양 생물종의 유입으로 해양환경 및 양식업, 그리고 관련 산업에 상당한 경제적인 타격을 받고 있다고 지적하였고, 한번 유입된 외래 해양생물종은 매우 빠른 속도로 확산될 뿐 아니라 완전히 제거하는 것이 사실상 불가능하다고 판단하였다. 국제해사기구(IMO)는 호주에서 제출한 보고서를 토대로 논의를 지속하여, 1991년에 채택한 결의서를 수정한 밸러스트수 지침을 다시 제정하였으며, 총회는 이 결의서를 채택하면서 해양환경보호위원회(MEPC)와 해상안전위원회(MSC)에 이 결의서를 보완하여 해양오염방지협약(MARPOL)의 부속서 형태로 구속력 있는 국제규범의 제정하도록 요청하였다. 국제해사기구는 위와 같은 규칙제정과는 별도로 1997년에 기존의 밸러스트수 결의안인 밸러스트수에 의한 외래해양 생물종 유입을 금지하는 지침(A.774(18))을 최신화한 A.868(20) 개정안을 채택하였는데, 개정 결의안은 밸러스트수에 유입된 외래 해양 생물종을 처리하는 기술적인 문제 등을 포함지침은 밸러스트수 문제에 적극 대처하기 위한 국제해사기구의 의지가 담겨있다.

해양환경보호위원회(MEPC)에서는 이를 위한 협약 제정작업을 계속하여 2004년 2월 13일 외교회의에서 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)을 채택하였다.

6.4 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약 내용

국제해사기구(IMO)의 주도하에 1994년 2월 13일 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention, 2004)이 체결되었으며, 선진국에서는 협약발효 이전에 밸러스트수 관리 및 배출규제를 위한 노력을 진행하고 있는 실정이다. 주요 국가에서의 밸러스트수 배출규제 동향에 대한 내용은 참고문헌에 소개되어 있으므로 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약에 대해서만 언급하기로 한다.

국제해사기구 협약은 2004년 6월 1일부터 2005년 5월 30일까지 각국의 서명을 받은 뒤, 회원국 30개국 이상이 비준을 하고, 비준된 국가의 총 선복량이 35% 이상 충족된 후, 12개월 후에 발효되는 것으로 되어 있다. 그러나 현존선과 신조선의 구분연도를 발효일 연동년도인 협약발효 후 ○년으로 하지 않고, 고정년도인 2009년으로 하였으므로, 발효가 늦어질 경우 소급해서 적용하도록 되어 있다.

건조시기별, 밸러스트수 용량별, 적용기준을 보면 표 35와 같다.

<표 36> IMO 협약의 연도별 적용기준

선박건조 시기	밸러스트수 용량	☒ 교환기준+처리기준 적용		▨ 처리기준만 적용								
		'08까지	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17이후	
2008년 까지	1500m ³ 미만		☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	▨
	1500-5000m ³		☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	▨
	5000m ³ 이상		☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	▨
2009년-2011년	5000m ³ 미만		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	5000m ³ 이상		☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	▨
2012년 이후	전체					▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨

밸러스트수 처리 기준은 표 37과 같다.

<표 37> 밸러스트수 처리성능 기준

배출 밸러스트수 기준		내용
수중생물	최소길이 50 μ m이상	o 생존가능 생물 10개/m ³ 미만
	최소길이 10 μ m초과 50 μ m미만	o 생존가능 생물 10개/ml미만
인간건강	독성 비브리오 콜레라	o 1cfu/100ml 미만 o 1cfu/습중량1g 미만
	대장균	o 250cfu/100ml 미만
	분변성 대장균	o 100cfu/100ml 미만

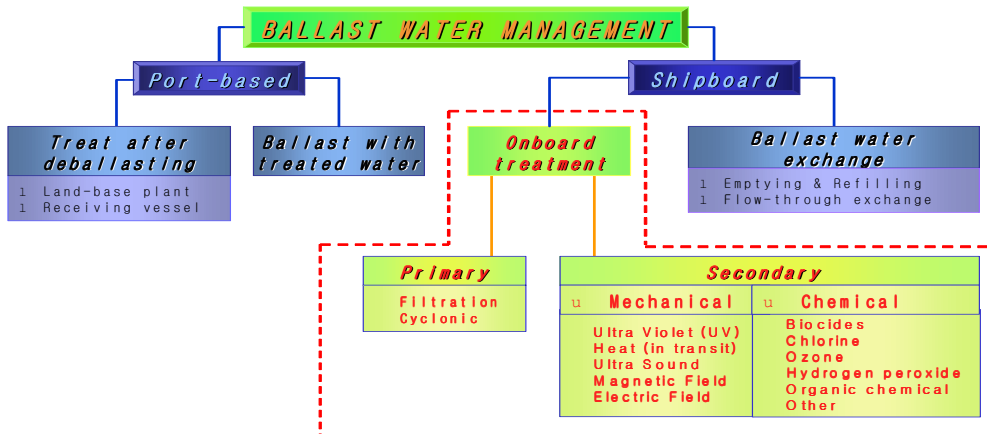
밸러스트수 교환 거리 기준은, 가장 가까운 육지로부터 거리 200마일 이상, 수심 200미터 이상을 원칙으로 하되, 이것이 불가능한 경우에는 50마일 이상 수심 200미터이상 수역에서 시행 가능하며, 이 수역에서도 불가능할 경우 항만국에서 지정한 수역에서 교환이 가능하다. 밸러스트수 교환 용량 기준은, 밸러스트수를 교환하는 선박은 용적 기준으로 95% 이상을 교환하고, Pumping-Through 방법으로 교환시 밸러스트수 탱크용적 3배를 펌핑하는 것을 95% 교환으로 인정하며, 95% 교환을 만족할 경우 3배 이하도 가능하다.

국제해사기구(IMO) 외교회의시 발효일 또는 기준일 이전에 건조된 선박에 대해서는 폐선 때까지 밸러스트수 교환을 인정해 주자는 주장이 있기는 하였으나, 거의 설득력이 없었다. 따라서 협약이 발효가 되기 전에 건조된 선박도 일정 기간이 지나면, 밸러스트수 처리장치를 추가로 설치하여야 한다. 선박에 추가 설치를 한다는 것이 큰 비용이 드는 일이므로, 신조선 선주로서는 당장 지금부터라도, 국제해사기구 기준에 맞는 밸러스트수 처리장치를 설치해 달라고 주문할 것으로 보인다. 처리성능 기준을 보면, 미국 등 선진 환경국들이 주장하는 것보다는 완화되었고, 일본 등 산업국들이 주장하는 것보다는 강화된 기준으로 확정되었다. 이 기준에 맞추기 위해서는 이제까지 개발되어온 것과는 다른 방법이 적용되어야 할 것으로 보인다.

6.5 밸러스트수 처리기술개발 현황

밸러스트수를 처리하기 위하여, 각국에서 많은 종류의 기술 및 방법들이 개발이 되었거나 개발중에 있다.

선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention, 2004)이 강화된 조건으로 채택됨에 따라, 밸러스트수 관리기술은 교환이 아닌 처리 기술을 적용해야 하게 되었다. 밸러스트수 처리를 위해서는, 그림 12의 Onboard treatment의 분류에 포함되는 밸러스트수 처리기술을 개발 및 확보하여야만 한다.



<그림 12> 밸러스트수 처리기술 Diagram

밸러스트수에 포함된 외래해양생물에 의한 피해를 경험한 미국 등 선진국은 외래 생물에 의한 피해를 최소화하고 해양환경을 보호하기 위하여 1980년대부터 밸러스트수 처리기술개발을 수행하기 시작하였고, BWM Convention에 대응하기 위하여, 현재 많은 국가들이 기술개발을 수행 중에 있다.

외국에서 수행하였거나 수행중인 과제는 표 38과 같다.

<표 38> 밸러스트수 처리기술 개발현황

과 제 명	국 가	년 도	연구비 (천원)
MARTOB: On Board Treatment of Ballast Water (Technologies Development and Applications) and Application of Low-sulphur Marine Fuel	영국	2001-2004	파악안됨
Hi Tech Marine SeaSafe (Onboard) & WaterSafe (Shore based) Systems	호주	1995-2001	1,950,000
Use of Gas Supersaturation to Remove Organisms in Ballast Water	노르웨이	2000-2001	41,650
Mechanical (filtration), physical (UV and heat treatment), chemical.	미국	2000	2,975,000
AquaHabiStat, or AHS	미국	1996-1998	1,785,000
Process for the removal of organisms from different waters	독일	1998-2002	238,000
Ballast Water Treatment Evaluation Using Copper and Sodium Hypochlorite as Ballast Water Biocides	캐나다	2001-2002	226,100
Study of Ballast Water Management	일본	1999	113,050
Ballast Water Treatment by Ozonation	노르웨이	1999-2001	128,000
Shipboard Ballast Water Treatment Technology Development	싱가포르	2000-2001	1,700,000
Efficiency of ballast water exchange in regional seas	영국	1999-2003	620,750

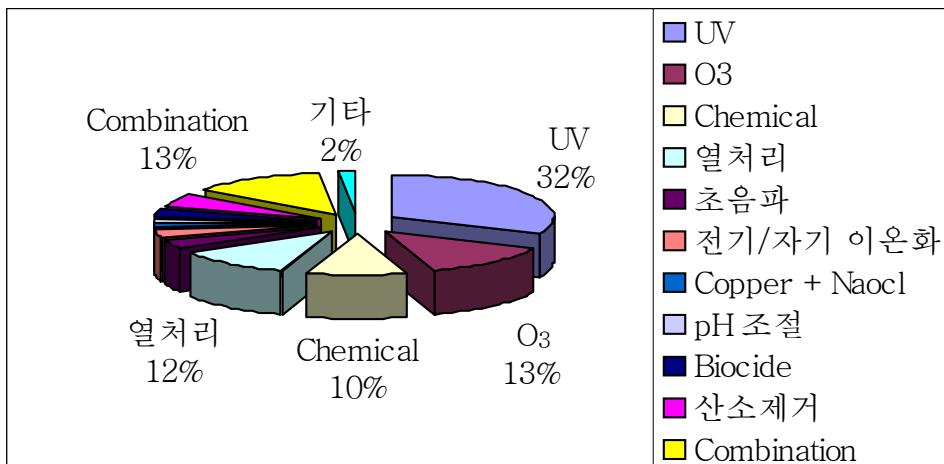
표 38 및 국제해사기구(IMO)에 보고 된 기술개발 현황을 근거로 국가별로 개발 중인 밸러스트수 처리기술의 과제 수 및 적용기술의 수 등 개발현황에 대하여 요약하면 표 39와 같다.

이 표에서 볼 수 있듯이 선박별 밸러스트 시스템의 특성 및 밸러스트수의 특성 등 기술개발의 난이도를 감안, 국가별로 복수이상의 기술 개발을 추진 중에 있음을 알 수 있다. 또한, 적용기술별 밸러스트수 처리 기술 개발현황을 분석하면 그림 13와 같은데, UV 처리법, 오존 처리법, 화학물질 처리법 등이

주종을 이루고 있음을 알 수 있다. 자외선 처리법과 같이 처리 강도가 낮은 방법은 BWM Convention의 기준을 맞추기 어려우므로, 전처리 또는 후처리 등 다른 방법과 함께 사용되어야 할 것으로 보인다.

<표 39> 국가별 밸러스트수 처리 시스템 개발 현황

국가	기관수	과제수	기술수
미 국	34	24	8
호 주	7	8	10
독 일	11	6	9
영 국	4	4	7
캐 나 다	2	2	4
크 로 아 티 아	1	1	5
일 본	3	2	2
뉴 질 랜 드	2	5	3
노 르 웨 이	3	3	3
싱 가 포 르	1	2	6
남 아 공	1	1	3



<그림 13> 적용기술별 밸러스트수 처리기술 개발현황

가장 종합적이고도 활발한 연구결과를 보여주고 있는 과제로 MARTO B⁵⁵⁾ 을 들 수 있다. 이는 유럽 연합체⁵⁶⁾가 지원하였으며, 영국을 비롯한 8개국 25개 기관이 참여하여, 표 40에 보이는 바와 같이 3년간 7개 이상의 기술에 대한 연구를 수행하였고, 5개 대상 생물을 각 기술에 공동으로 적용하여 기술의 유효성을 검증하였으며, 산화제 만 육상 실험을 수행하고, 나머지 기술에 대하여는 선상 실험을 수행한 바 있다.

<표 40> MARTOB 적용기술 및 실험 생물종

적용기술	실험 대상 생물종		
<ul style="list-style-type: none"> ○ 열처리 ○ 용존산소 제거 ○ 자외선 및 초음파 ○ 오존 ○ 산화제 ○ 산화제/자외선 +오존 + 촉매제 ○ 기타 복합 방법 	동물 플랑크톤	Copepods	Acartia tonsa
			Tisbe battagliai
		Polychaete	Nectochaete larvae of Nereis virens
	식물 플랑크톤	dinoflagellate	Alexandrium tamarense
		diatom	Thalassiosira pseudonana

상용화 사례로서, MicroKill사는 회전분리법/자외선법을 이용한 밸러스트수 처리장치를 소형여객선, Tanker, 컨테이너선 등에 적용하였다. 각 선박에 적

55) On Board Treatment of Ballast Water and Application of Low-sulphur Marine Fuel

56) 유럽연합체의 Transport and Energy Directorate of European Commission가 지원함

용된 시스템의 세부적인 내용을 요약하면 표 41과 같다.

<표 41> 밸러스트수 처리시설 설치 사례

설치 선박	사용기술	설치비용	밸러스트수 용량	밸러스트수 처리용량
Regal Princess	회전분리/자외선	\$100,000		880GPM (200m ³ /h)
M/V Polar Endeavour (tanker)	회전분리/자외선	\$2,000,000	60,700m ³	12,600GPM (2,860 m ³ /hr)
M/V R. J Pfeiffer (2,420TEU Container)	회전분리/자외선	\$358,000	14,600m ³	1,540GPM (350 m ³ /hr)
	역류여과/자외선	\$375,000		

우리나라에서는 밸러스트수 처리와 관련된 2개의 연구과제가 진행중에 있다. 하나는 한국해양연구원에서 2002년 10월에 시작한 선박 운항중 환경위해 물질 저장기술 개발 과제의 일환으로 밸러스트수 처리장치를 개발중에 있으며, 현재 차아염소산나트륨을 이용한 처리장치에 대한 생물실험을 진행 중에 있다. 또 하나는 해양수산부에서 발주하여 한국해양수산개발원에서 2003년 5월에 시작한 선박 밸러스트수 배출규제 대응기술 개발 과제로서, 자외선과 오존 등의 기술을 검토한 바 있다.

밸러스트수 처리기술의 핵심요소 기술 확보는, 일반적인 수처리 기술을 선박 밸러스트 시스템의 특성을 고려하여 적용, 최적의 처리시스템을 도출하는 것이 개념의 핵심이라 할 수 있다. 자외선, 오존 등의 기술을 사용하는 정수처리시스템, 염소, 응집제 등의 오·폐수 처리 시스템, 열을 가하는 열처리 시스템 등의 수처리 관련기술이 밸러스트수 처리시스템에 도입되어, 많은 기술 등이 개발 중에 있다. 각 처리기술의 장단점을 보면 표 42와 같다.

<표 42> 벨러스트수 처리 기술 비교

처리기술	장 점	단 점
자외선	○ 자외선을 통하여 해양생물체를 무독성으로 바꿈.	○ 여과법에 의한 방법만큼 효과적이지 못함. ○ 과장이 짧아 투과력이 약함.
오존	○ 작은 생물체 처리에 유용한 방법. ○ 여과법과 병행 이용가능.	○ 잔류 효과가 없어서 2차 오염의 가능성이 큼. ○ 비용이 많이 소요됨.
차아염소산 나트륨	○ 잔류효과로 2차 오염가능성 없음. ○ 위험물질로 취급되지 않아 법적 규제 없고 현장관리가 필요 없음.	○ 고농도로 배출시 해양생물에 영향 미침. ○ 산화 이용 살균으로 부식가능성 있음.
여과	○ 벨러스트수 유입시마다 해초류 등의 물질을 제거.	○ 미세한 물질을 제거하기 힘들다는 점과 기본시설 설치비용이 높음.
천적, 기생물체 투입	○ 해양오염을 발생시키지 않음.	○ 전문가 필요. ○ 특별한 보관시설 필요.
열처리	○ 2시간 내지 6시간을 약 36°C~38°C에서 벨러스트수를 가열하면 수중생물이 소멸되는 특성을 이용.	○ 항해도중 열처리에 의한 벨러스트수 소독은 지속적인 관리가 필요하고 항해로 인한 온도상승효과도 감안해야 함. ○ 병원성 미생물에는 영향을 미치지 못함.
이산화염소	○ 포자를 죽이는 데 효율적.	○ 유해물질 발생.
염소	○ 온도, 적용시간, pH수준을 적정하게 맞춘다면 효과적.	○ 염소 처리된 벨러스트수가 발암 물질을 유발시킬 가능성이 있음.
온도와 염분차 이용	○ 온도와 염분의 뚜렷한 변화는 수중생물의 생존에 큰 영향을 미침.	○ 추가 연구를 필요로 하는 방법이며, 지역에 따라 크게 차이가 있음.
금속 이온	○ 염소처리법보다 효과적임.	○ 수중 생물 중 일부는 구리와 은에 대해 선호도가 높기 때문에 살아남을 가능성이 높음.
초음파	○ 신기술로 잠재성이 있음.	○ 개발단계에 있음.
살충제	○ 유해 미생물 제거.	○ 유해물질 발생.
전기충격	-	○ 선박이 철폐 되어 있어 누전의 가능성이 있음.
장기간 탱크 내 저장	○ 대부분의 수중 생물은 철분 함유량이 높은 물 속에서 빛없이 오래 생존 불가능.	○ 대부분의 배는 석 달 이상 벨러스트수를 방치시킬 수 있는 시간 여유가 없음.
육상 수용시설 설치·운영	○ 선박에 별도의 처리장치를 설치하지 않아도 됨.	○ 큰 비용과 민원, 항만국 법률의 적용 등 문제.
정화된 벨러스트수 사용	○ 외래 해양 생물종의 유입을 감소시킬수 있음.	○ 위험을 최소화 시키는 방법이라 할 수 없음.

외국의 기술개발 사례를 분석해 보면, 일반적인 처리 기술을 밸러스트수 시스템에 적용하는 과정은 5~6개의 후보기술을 도출하여 실험실규모의 소형 장치 실험을 수행, 적용 가능한 2~3개의 기술로 압축하고, 이들에 대해 대형 장치 실험을 수행하여 1~2개의 기술을 도출한 후, 이들에 대해 마지막으로 실선실험을 거치는 것이 일반적인 추세이다.

6.6 선박밸러스트수로부터 해양생태계보호 방안

국제해사기구(IMO)에서 2004년 2월 13일 채택한 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)은 선박의 밸러스트수에 의한 해양생물체의 이동을 방지하여 토착 해양생태계의 교란 또는 파괴 방지 목적으로 채택되었다. 이를 위해 2009년 전에 건조된 선박은 깨끗한 해수를 교환하여 입하하면 되고 2009년 이후에 건조되는 신조선은 밸러스트수 내에 포함된 해양생물체를 처리할 수 있는 처리설비를 설치하도록 규정하고 있다.

전 세계적으로 협약의 규정에 만족하는 처리설비를 개발 중에 있고 국제해사기구에서는 처리설비의 형식승인 절차 등을 개발하기 위하여 국제해사기구의 해양환경보호위원회(MEPC)에서 전문가그룹을 결성하여 관련규정 제정 중에 있다. 이러한 작업은 협약 발효가 예상되는 2009년 전에 모두 완료되어 밸러스트수 처리설비가 선박에 설치되도록 준비가 이루어질 것으로 예상되고 있다. 또한 현존선에 적용될 밸러스트수의 교환으로 인한 선체의 강도 등 안전상의 문제점을 보완하기 위하여 선박 전문가가 이에 대한 연구 및 관련 규정 제정을 준비하고 있다.

이런 시점에서 선박의 밸러스트수의 이동에 따른 토착해양생태계를 보존하기 위한 방안을 국제협약을 중심으로 제시하고자 한다.

6.6.1 우리나라 환경에 최적의 선박밸러스트수 처리장치 개발

선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약(BWM Convention 2004)을 채택할 시 기존에 논의하던 해양생물체 처리기준보다 미국 등의 선진국의 주장이 수용되어 매우 강화된 처리기준으로 채택되었다. 즉 해양생물체의 최소길이가 50 μ m 이상의 해양생물체는 m³당 10개 이하로 처리할 수 있어야 하고, 해양생물체가 10 μ m에서 50 μ m 사이의 해양생물체는 ml당 10개 이하로 처리하여야 한다.

이러한 처리기준에서 기존에 논의되던 열처리, 오존처리, 필터, 전기이온 등의 단독 방식으로 협약 기준에 만족하도록 해양생물체를 처리할 수 있도록 설비를 개발하기 위해서는 많은 기일이 소요되고 적용기술 또한 고도의 기술을 적용하여야 하므로 현재 개발된 기술로서는 거의 불가능한 것으로 보고되고 있다.

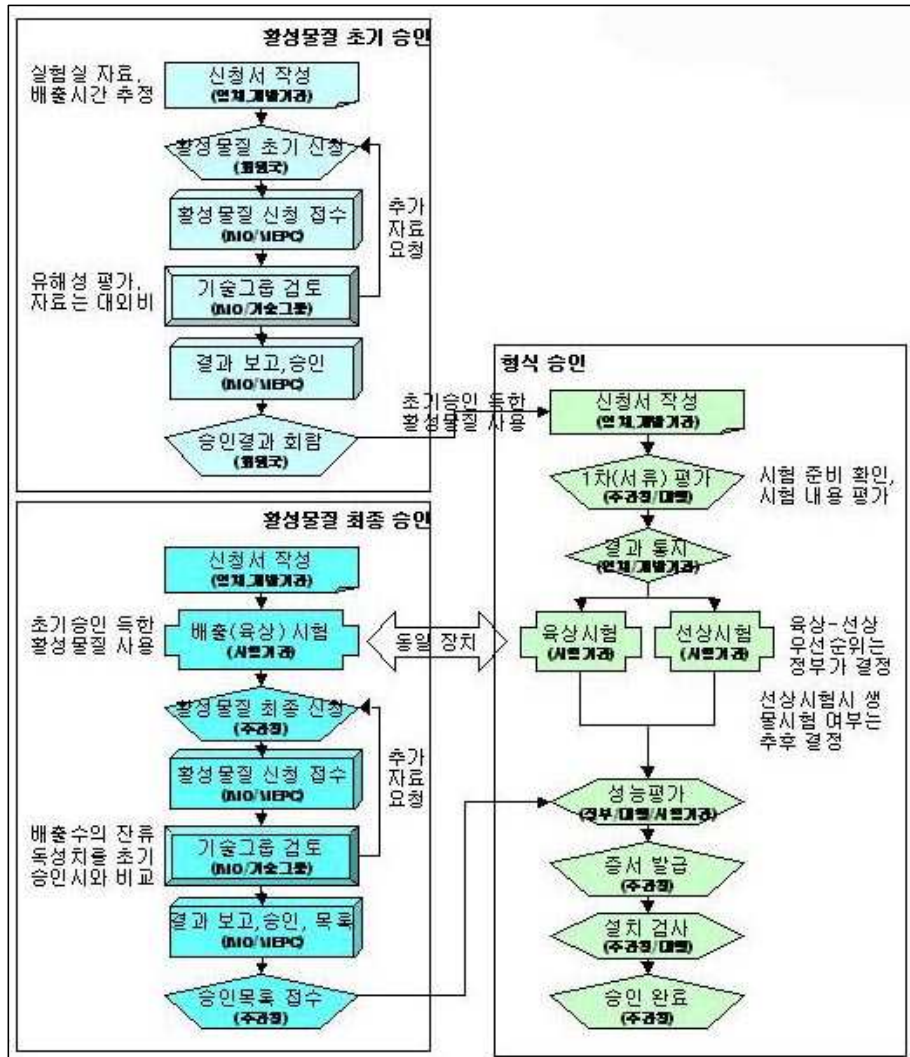
따라서 협약 기준을 만족하고자 할 경우 기존방식과 화학품 처리방식을 병행하여야 한다. 즉 오존처리방식 등 기존방식과 화학품 처리방식 등으로 처리설비를 개발하여야 한다.

우리나라의 경우도 이러한 조합방식을 이용하여 2009년 이전에 선박에 탑재될 수 있도록 밸러스트수 처리설비를 개발하여 선박에 탑재될 수 있는 준비를 하여야 할 것이다.

그리고 협약에 의하면 화학품⁵⁷⁾을 사용하고자 할 경우 화학품 자체가 해양생물체 또는 해양환경에 피해를 줄 수가 있으므로 국제해사기구의 형식승인을 받

57) 협약에서는 화학품을 활성화물질(Active Substances)이라 한다.

아야 한다.



<그림 14> 화학품(활성화물질) 형식승인 절차

그림 14에서 같이 화학품을 사용하여 밸리스트수 처리설비를 개발하고자 하는 제작자는 정부를 통하여 국제해사기구에 초기형식승인을 신청하면 IMO의 진

문가그룹에서 초기 심사를 수행하여 초기 승인을 한다. 이 후 제작자는 초기승인 받은 활성화물질을 기반으로하여 벨러스트수 처리설비를 개발하여 이를 다시 국제해사기구에 형식승인 요청하여 최종적으로 국제해사기구에 승인을 받아야만 선박에 탑재를 할 수 있다. 따라서 이러한 일련의 과정을 거쳐야 하므로 이에 대한 소요기간을 충분히 고려하여야 할 것이다. 또한 정부에서는 제품 개발에 맞추어 이에 대한 형식승인 및 시험기준 등을 제정하여야 할 것이다.

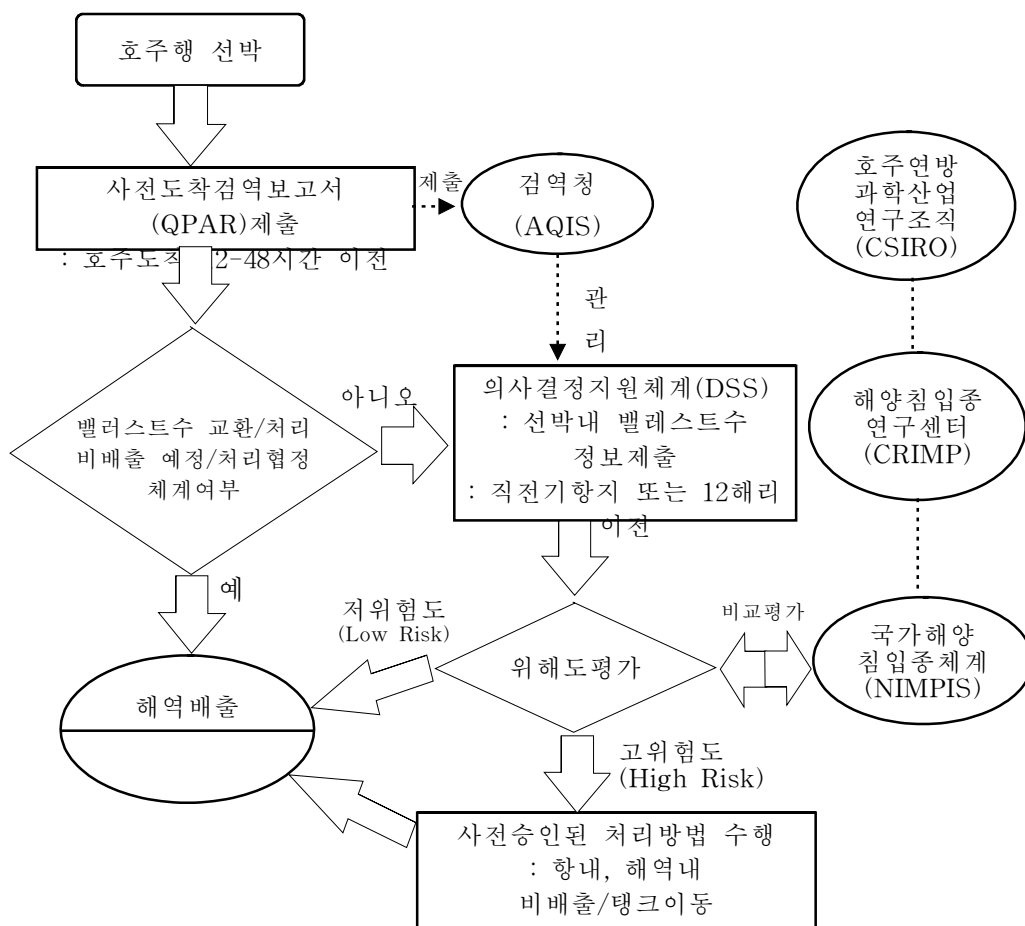
이러한 벨러스트수 처리설비의 개발은 우리나라가 조선강국이므로 다른 경쟁 국가보다 조기에 개발하여 우리나라에서 건조되는 선박에 탑재된다면 국익에도 큰 도움이 될 것이다. 만일 협약이 발효 때까지 벨러스트수 처리설비가 개발되지 않으면 외국제품의 수입으로 인한 큰 손실이 예상된다. 따라서 정부 및 개발업체에서는 협약 기준에 부합하는 벨러스트수 처리설비의 개발을 서둘러야 할 것이다. 2004년부터 해양수산부에서는 벨러스트수 처리기술 개발을 시작하였고 산업자원부에서는 2004년부터 2007년까지 민·관 합동으로 처리설비를 개발 중에 있으므로 2009년 협약 발효시에 우리나라의 벨러스트수 처리가 선박에 설치될 수 있을 것이다.

6.6.2 외국으로부터 벨러스트수 유입 방지 방안 수립

협약이 발효되거나 선박 벨러스트수를 조기에 규제를 할 경우 외국으로부터 입항하는 선박에 대한 외래해양생물체 유입방지 모니터링이 필수적이다.

호주 등의 이미 벨러스트수 관리를 시행하고 있는 외국의 경우는 선박이 입항하고자 할 경우 그 선박의 벨러스트수 관리 상태, 즉 벨러스트수의 주입 및 배출의 상세사항을 입항 전에 각 항만당국에 제출하도록 하고 있다. 제출된 벨러스

트수 관리상태를 분석하여 문제점 발견시 선박을 방문하여 밸러스트수 관리 상태를 상세히 점검을 한다. 선박에서 밸러스트수의 교환 및 배출에 대한 의심스러운 점이 발견되면 당해 선박의 밸러스트수의 샘플을 채취하여 전문기관에 분석을 의뢰한다. 샘플을 분석하여 외래해양생물체 등이 발생되면 외해에서 밸러스트수를 교환하게 하거나 다른 조치를 취하도록 하고 있다.



<그림 15> 호주의 밸러스트수 관리 체계

우리나라는 호주, 미국 등의 외국의 모니터링 시스템을 면밀히 분석하는 한편, 우리나라 실정에 맞는 모니터링 시스템을 도입하여야 할 것이다.

이러한 외래해양생물체의 모니터링은 현재의 정부조직으로는 수행할 수 없을 것이다. 벨러스트수를 전문적으로 관리할 수 있는 정부의 조직이 필요한지를 면밀히 분석 및 조사하여 새로운 조직이 필요한 경우 인력보완 등 필요한 조치를 해야 할 것이다. 또한 샘플 분석 등 해양생물체 분석을 민간의 전문연구기관에 위탁하지 않고 정부가 주관하여야 할 경우 이를 운영할 수 있는 분석 장비 및 연구원의 확보를 고려하여야 할 것이다.

우리나라가 외래 해양생물체로부터 해양생태계를 보존하기 위해서는 무엇보다도 먼저 우리의 해양생태계를 면밀히 분석하여야 할 것이다. 우리의 해양생태계에 대한 정확한 자료를 확보하지 않은 상태에서는 외래해양생물체의 유입방지를 위한 모니터링이란 의미가 없다. 따라서 협약 발효 전까지 우리의 해양생태계를 조사·분석하여 우리의 토착해양생물체가 무엇이며, 외래해양생물체가 유입되었을 때 어떠한 생물체가 우리의 해양생태계를 교란하는지 또는 파괴하는지를 분석하여야만 외래해양생물체로부터 유입방지를 위한 모니터링을 수행할 수 있을 것이다.

우리나라는 2003년부터 해양수산부에서 우리나라의 해양환경을 조사⁵⁸⁾를 하고 있으므로 이에 대한 면밀한 조사·분석을 바탕으로 외래해양생물체의 유입을 방지할 수 있는 모니터링 방안을 강구하여야 할 것이다.

58) 2003년 2월 벨러스트수 관리를 위한 기본계획을 수립하여, 시행기간 등을 고려하여 3차년도로 추진하고 있음, 1차년 : '03. 5~'04. 3, 2차년 : '04. 9~'05. 6(3차년 '05년 수행 예정), 우리연안 해양환경평가, 벨러스트수처리설비 개발, 협약이행을 위한 대응방안 마련 등

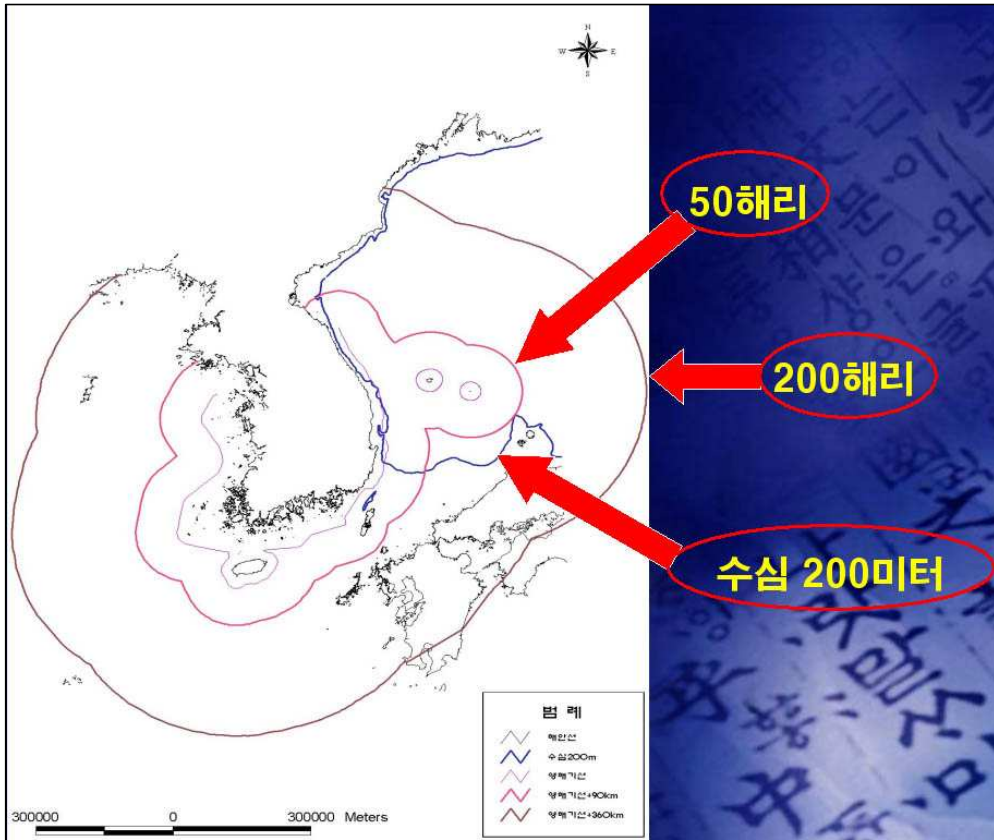
6.6.3 선박밸러스트수 배출지정해역 설정

협약에 의하면 현존선, 즉 2009년 이전에 건조된 선박 등은 일정기간⁵⁹⁾까지는 밸러스트수를 교환이 가능하다. 교환 방법으로는 우선 ① 육지로부터 200마일 이상 떨어지고 수심이 200미터 이상인 해역에서 밸러스트수를 교환하도록 하고 있다. 그리고 불가피한 경우 ② 육지로부터 50마일 이상 떨어지고 수심이 200미터 이상 떨어진 해역에서 교환하도록 하고 있다. 그러나 이러한 지역이 없을 경우는 항만당국이 설정한 배출지정해역에서 밸러스트수를 배출하고 교환하도록 하고 있다. 따라서 ① 및 ②의 해역이 없는 경우 우리나라도 배출지정해역을 설정하여야 할 것이다.

그림 16에서 보는 바와 같이 우리나라 해역은 동해의 경우는 수심이 200미터 이상인 곳이 있어 밸러스트수를 교환 가능하나 남해 및 서해의 경우는 수심이 200미터인 곳이 없으므로 밸러스트수를 교환할 수가 없다. 따라서 남해 및 서해를 항해하는 선박을 위해 밸러스트수 배출지정해역을 설정하여야 할 것이다.

밸러스트수 배출지정해역을 설정하고자 할 경우 우리나라는 중국 일본 등과 인접해 있으므로 인접국가와 상호 협의할 필요가 있다. 해수는 유동성에 의해 우리나라 해역에 배출된 외래해양생물종이 일본 및 중국 등의 인접국가에 피해를 줄 수가 있다. 인접 국가와 협의를 바탕으로 우리나라의 지역적 특성 및 우리나라의 해양환경 등 모든 요소를 고려하여 밸러스트수 배출지정해역을 설정하여야 할 것이다.

59) (가) 2009년 이전에 건조된 선박중에서 밸러스트수 양이 1500~5000m³인 선박은 2014년까지 밸러스트수 교환이 가능하고 5000m³ 이상 및 1500m³ 미만의 선박은 2016까지 밸러스트수교환 가능
(나) 2009~2011년 까지 건조된 선박중 5000m³ 이상인 선박은 2016까지 밸러스트수 교환가능



<그림 16> 우리나라의 밸러스트수 교환 가능 해역

배출지정해역을 설정할 때 고려하여야 할 사항으로는 우선 육지로부터 거리를 고려하고 수심 또한 고려하여야 한다. 어느 정도의 거리 및 수심이 가장 최소한의 환경피해를 줄 수 있는 지에 대한 면밀한 분석이 필요하며 우리나라의 조류 및 해류 등의 외적인 요소도 고려하여야 할 것이다.

협약에서 규정된 거리 및 수심을 살펴보면 수심은 최소한 200미터를 요구하고 있다. 따라서 수심과 외래해양생물체의 연관성을 매우 큰 것으로 볼 수

있다. 우리나라의 경우는 동해만 200미터 수심을 보장하고 있지만 서해 및 남해는 200미터가 보장되는 곳은 한 곳도 없다. 이런 지리적인 상황을 고려할 때 남해 및 서해의 경우는 우선 수심이 가장 깊은 곳을 배출지역으로 고려하여야 할 것이다. 또한 협약에서 거리는 최소 50마일을 거리를 요구하고 있다. 우리의 지리적인 상황을 볼 때 남해 및 서해도 거리는 50마일의 확보는 가능하다.

따라서 종합적으로 본다면 남해 및 서해는 수심 200미터 확보가 되지 않으므로 거리를 최소한 50마일을 확보한 상태에서 수심이 깊은 곳을 고려하여야 할 것이며, 해류 및 조류에 의해 배출된 외래생물체가 우리의 연안쪽으로 이동되지 않은 곳을 밸러스트수 배출해역으로 설정하여야 할 것이다.

그러나 이러한 배출해역의 설정은 해양환경의 면밀한 분석이 동시에 이루어져야 한다. 해양환경의 분석없이 배출해역을 설정할 경우 자칫 우리의 해양환경이 외래 해양생물종으로부터 침입을 받아 교란되거나 파괴되는 사태가 올 수 있다.

해양수산부에서는 2004년부터 배출해역 설정을 위한 기초연구를 시작하고 있으므로 이에 대한 면밀한 분석 및 주변국가와의 협의를 통하여 밸러스트수 배출 지정해역을 설정하여야 할 것이다.

그러나 협약에서 항만당국이 반드시 배출지정해역을 설정할 의무는 부과하지 않고 있으므로 생태계보호를 위해 필요한 경우 배출지정해역을 설정하지 않은 방안 등 여러 요소를 고려하여 정책을 결정하여야 할 것이다.

6.6.4 유사한 해양환경 지역에 대한 면제증서 발급

협약에 의하면 각 항구별로 유사한 해양환경인 경우 해당선박이 외국의 항구로부터 면제증서를 발급받아 선박밸러스트수의 처리 또는 교환하지 않고 선박이 입항할 수 있도록 규정하고 있다.

우리나라는 대부분의 교역을 선박에 의존하고 있으므로 다양한 선박이 일본, 중국 등 인접 국가에 입출항을 한다. 협약 발효후 모든 현존선박이 밸러스트수를 교환하여 입항할 경우 항로변경 등으로 인한 경제적 손실이 클 것이다. 그리고 밸러스트수를 교환하지 않고 입항하기 위해 밸러스트수 처리설비를 설치하면 되나 현존선박에 새로운 설비 설치로 인한 경제적 부담⁶⁰⁾ 및 현존선박에 처리설비의 설치상의 어려움⁶¹⁾ 등 많은 문제점이 대두되고 있다. 따라서 인접국가와의 면제증서의 발급은 꼭 필요한 사항이다.

우리나라가 면제증서 발급을 하기 위해서는 우리의 해양환경조사가 필요하다. 협약에서 규정하는 해양환경요소를 조사하고 분석하여 모든 해양환경 데이터를 준비하여 인접국가 등과 협의하여 면제증서를 발급하기 위한 준비를 하여야 할 것이다.

우리나라는 우선 교역량이 많은 일본 지역에 대한 해양환경의 비교가 필요하며 최근에 교역량이 증가하고 있는 중국지역과의 면제증서 발급을 고려하여야 할 것이다.

이를 위해서는 우리나라의 각 항구별로 해양생물체 위해도를 평가하여 관

60) 밸러스트수 처리 설비의 가격은 약 5억원 예상되고 있음

61) 현존선은 밸러스트수 처리설비의 설치공간이 협소하고 별도의 Pipe Line 설치에 어려움이 많음

런 자료를 축적하여야 할 것이다. 해양수산부에서는 2003년부터 우리나라의 해양환경 조사를 시작하고 있으므로 인접국가와 상호 협의하여 국제해사기구의 지침서에 적합하도록 항만별 해양환경을 조사하여 관련 데이터를 준비하여야 한다.

2004년 중국 청도에서 개최된 북서태평양보전실천계획(NOWPAP⁶²⁾)에서 면제증서 발급을 아시아국가간에 범국가적으로 논의하자는 제의가 있었다. 우리나라도 이에 동참하여 면제증서를 발급할 수 있는 각 항구 등에 대한 정보를 서로 제공할 필요가 있다.

6.6.5 밸러스트수 규제를 위한 국내법 제정

국제협약은 우리나라가 가입하여 발효하여야만 당사국의 지위가 확보된다. 헌법⁶³⁾에서 국제협약에 가입하기 위해서는 국회의 비준동의를 받도록 규정하고 있다. 국회의 비준동의를 받는 방법은 일반적으로 협약 가입을 위하여 별도로 비준을 받는 방법과 국내법 제정후 협약에 가입하는 방법이 있다. 후자의 경우는 국내법 제정시 국회로부터 비준동의를 받는 효과가 동시에 발생되므로 일반적으로 행정절차 간소화를 위해 국내법 제정후 협약에 가입하는 방법을 추진하고 있다.

선박 밸러스트수 관리를 위한 국내법의 제정은 우리나라가 외국선박 및 국내선박에 대한 밸러스트수 관리 및 규제를 위한 법적 실효성을 확보할 뿐

62) NOWPAP(Northwest Pacific Action Plan) 국제환경계획(UNEP)의 지역해 프로그램 일환으로 한국, 중국, 일본 및 러시아정부간 해양관련 지역 협력체임

63) 헌법 제60조제1항 : 국회는 상호원조 또는 안전보장에 관한 조약, 중요한 국제조직에 관한 조약, 우호통상항해조약, 주권의 제약에 관한 조약, 강화조약, 국가나 국민에게 중대한 재정적 부담을 지우는 조약 또는 입법사항에 관한 조약의 체결·비준에 대한 동의권을 가진다

만 아니라 협약에 가입함으로써 협약에 의한 국내선박에 대한 검사 시행후
증서발급 등 국제사회에서 우리나라의 지위를 확보하게 된다.

따라서 협약이 발효되는 2009년 이전에는 국내법을 제정하여 법적 실효성
을 확보하고 국제사회에서 우리나라의 지위확보가 필요하다.

그리고 우리의 해양환경의 영향을 분석하여 선박밸러스트수의 규제가 필
요할 시 협약 발효전이라도 국내법을 제정하여 미국, 호주 등과 같이 선박밸
러스트수의 관리 및 규제를 시행을 할 수 있다.

그러나 2004년 10월 현재 인접국인 일본, 중국 등 대부분의 국가가 밸러
스트수를 규제하고 있지 않고 있으며, 선박밸러스트수 처리설비가 개발되지
않은 현재 상황에서 밸러스트수의 규제는 밸러스트수의 교환만이 가능하므로
협약 발효 전에 밸러스트수를 규제하고자 할 경우 이러한 모든 상황 고려하
여 정책을 결정하여야 할 것이다.

제7장 결 론

선박에 의한 해양환경보호에 대한 세계적 규제는 제2차 세계대전 이전부터 거론되기 시작하였다. 국제해사기구(IMO)에서는 1973년 선박으로부터의 오염을 방지하기 위한 국제협약과 1978년 이에 대한 의정서를 거쳐 73/78 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)을 완성시켰는데, 현재 6개의 부속서가 있다. 그 가운데 부속서6인 선박으로부터 대기오염방지 규칙이 1997년 채택되었으나 발효조건을 충족하지 못하다가 2004년 5월 18일 사모아가 비준함으로써 발효조건이 충족되어 2005년 5월 19일 발효될 예정이다.

또한 국제해사기구에서는 MARPOL 73/78 외에, 선박의 유해 방오시스템 사용 규제 국제협약, 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약을 채택하여 각국의 비준 과정에 있으며, 지구 온난화 가스 배출 감소를 위한 규제 작업에 착수하고 있다.

이 연구에서는 우선 선박으로부터 발생하는 환경위해물질을 알아보고 이러한 위해물질을 규제하기 위한 각종협약을 종합 정리하였다. 그리고 최근에 채택된 주요 환경관련 협약을 중심으로 환경위해물질 배출방지 방안에 대하여 연구를 하였다.

선박으로부터 발생하는 대기오염물질의 배출을 방지하기 위한 선박으로부터 대기오염방지 규칙이 1997년 9월 26일 채택된 후 정부 및 산업계에서는 협약 발효에 대비하여 필요한 대기오염방지설비를 개발하고 저유황연료유를 생산하는 등 모든 준비를 착오 없이 준비하고 있으므로 정부에서 국내법 제정 및 배기가스정화장치 등의 대기오염방지설비를 개발을 지원하는 등 대기오염물질의 배출방지 방안을 무리 없이 수행한다면 2005년 5월 19일 협약이

발효되어도 문제가 없을 것으로 보여 진다.

그러나 2004년 러시아 비준으로 발효조건이 충족된 기후협약에 발맞추어 온실효과를 발생시키는 주범인 이산화탄소를 선박에서 규제하는 제안이 국제해사기구에서 논의되기 시작하여 2004년 10월 제52차 해양환경보호위원회(MEPC)부터 규제를 검토함에 따라 머지않아 선박의 이산화탄소 규제가 이루어질 것으로 보여 진다. 따라서 우리도 이에 대비를 위해 국제동향을 예의 주시하고 선박으로부터 이산화탄소 배출을 방지할 수 있는 설비의 개발을 준비하여야 할 것이다.

선박으로부터 발생하는 유해방오물질로부터 해양생물체의 피해를 방지하기 위한 선박의 유해방오도료시스템 사용규제 국제협약은 2001년 10월 채택하면서 2003년 1월 1일부터 실질적으로 선박에 유해방오도료의 도장을 금지하고 있으므로 유해방오도료가 해양생물체에 미치는 악영향에 대하여 분석을 마친 우리나라는 2004년 9월 16일부터 모든 선박에 유해방오도료의 사용을 금지하고 있어 선박으로 유해방오도료에 의한 수산물 등의 피해는 감소할 것으로 보인다.

그러나 국내외적으로 협약이 채택된 이래로 무해방오도료를 개발하여 시판중에 있으나 방오도료의 효용성이 낮아 선박의 운항효율을 저하시키고 있으므로 협약의 발효가 늦어지고 있다. 우리나라도 방오능력이 충분한 무해방오도료를 조속히 개발하여 선박에 사용함으로써 선박의 운항효율도 증대시키고 세계시장에 수출하여 국익에도 도움이 될 수 있도록 개발을 서둘러야 할 것이며 이에 대한 국내법 제정도 필요하다.

선박 밸러스트수의 이동에 따른 도착해양생태계의 보전을 위해 2004년 2월 13일 채택된 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약은 2009년

적용을 목표로 설정하여 신조선에는 밸러스트수 처리설비를 설치토록 하고 현존선에는 깨끗한 해수를 교환토록 규정하고 있다.

따라서 2009년 협약 발효에 대비하여 선박에 탑재가 가능한 선박밸러스트수 처리설비를 개발하고 외국으로부터 외래해양생물체의 유입을 방지하기 위한 모니터링시스템을 구축하여야 한다. 또한 서해 및 남해 지역에 밸러스트수 배출지정해역을 설정하고, 인접국가와 상호면제증서 발급을 추진하며, 협약을 국내법으로 수용하여 밸러스트수 관리의 실효성을 확보하는 등 외래해양생물체로부터 해양환경을 보전하기 위한 방안을 수립하여 이행한다면 우리의 해양환경은 보전될 수 있을 것이다.

선박으로부터 발생하는 환경위해물질중 기름, 유해액체물질, 선박하수 및 폐기물 등을 규제하기 위한 이미 발효중인 협약은 최근 항만국통제점검 강화, 국제해사기구의 회원국 감사제도 도입⁶⁴⁾ 및 선박회사와 승선원의 의식제고 등으로 철저히 준수되고 있어 깨끗한 해양환경이 보존되고 있다.

그리고 대기오염물질 배출방지, 유해방오도료의 사용금지 및 밸러스트수에 의한 해양생물체의 이동방지를 위한 비발효협약에 대하여 협약 준수를 위해 철저한 준비를 한다면 우리나라의 해양환경, 더 나아가 세계의 해양환경은 보존될 수 있을 것이다.

비발효협약을 중심으로 선박으로부터 발생하는 환경위해물질 배출방지방안에 대한 이 연구가 우리의 해양환경보전에 조금이나 보탬이 되었으면 하는 바램이며, 선박의 밸러스트수 관리 및 배출규제에 관한 협약은 2004년에 채택되어 이에 대한 연구가 초기단계이므로 향후 보다 더 깊은 연구가 필요하다.

64) IMO 회원국 감사제도(MAS : IMO Member State Audit Scheme), 2005년 후부터 임의감사 시작

참고문헌

- [1] Lloyd's Register. "Marine Exhaust Emissions Research Programme", Lloyd's Register of Shipping, 1995.
- [2] Marintek, ECON, "Study of greenhouse Gas Emissions from Ships", Carnegie Mellon University, DNV, Presentation at MEPC44, London, March 2000.
- [3] TRESHIP Thematic Network, "Technologies for Reduced Environmental Impact from Ships, State of the Arts Report Issue 8", December 2002.
- [4] 손진록, "선박의 대기오염물질 배출 규제 및 대책 - 박용 디젤기관 질소산화물을 중심으로", 한국박용기관학회 25, 3, 487-500(2001).
- [5] 田山經二郎, "第1章 規制の 経緯, 國際的な 狀況", "特輯, 2000年 NOx 排出規制對策の 現狀", 日本造船協會, 第843号(平成 11年 9月).
- [6] MARPOL 73/78 Annex VI(1997)
- [7] 日本關西造船協會 , 第57号, "1, 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 -"(平成 14年 10月).
- [8] "Air pollution from ships", published from The Swedish NGO Secretaries on Acid Rain, European Environmental Bureau(EEB), and European Federation for Transport and Environment(T&E)(Jan. 2002).
- [9] Robin Meech, "IMPACT STATEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF THE PROPOSED AMENDMENTS TO EU REGULATIONS 1999/32/EC AND ANNEX VI OF MARPOL 73/78", Marine and Energy Consulting Ltd(March 2003).
- [10] 해양수산부, 1998. TBT 오염실태 조사 및 대책 수립연구. 해양수산부, 210 pp.

- [11] 김석현 등, 2001. 폐기물과 기타물질의 해양투기와 국제협약, 한국해양환경공학회 2001년도 추계학술대회 논문집, 71-86.
- [12] 김지연 등, 2001. 선박용 유해방오도료의 국제적 사용규제에 따른 국내 대응방안, 한국해양환경공학회 2001년도 추계학술대회 논문집, 33-38.
- [13] "International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments", IMO, February 2004.
- [14] 김은찬 외, "선박운항중 환경 위해물질 저감기술 개발 (1)", 한국해양연구원 보고서, 2003. 9.
- [15] 강성길, 유정석, 강창구, "밸러스트수 배출규제 대응기술개발 방안", 선박해양기술 35호, KRISO, 2003.2.
- [16] 김명훈, 성홍근, 유정석, 강국진, "친환경적 밸러스트수 처리를 위한 기반기술 동향분석", 선박해양기술 36호, KRISO, 2003.10.
- [17] 유정석, 강성길, "밸러스트수 처리기술 동향", 한국해양환경공학회, 2001. 11.
- [18] 김명훈, 유정석, "밸러스트수 처리기술에 대한 고찰", 한국해양환경공학회, 2003. 5.
- [19] "선박 밸러스트수 배출규제 대응기술개발 연구", 해양수산부, 2004. 3
- [20] "국제해사기구편람", 해운항만청, 1995, 12
- [21] IMO 업무편람, 박영선(해양수산부 국제협력관실), 1996. 10
- [22] 국제해사협약의 체계적 이행방안 연구, 해양수산부, 2002. 12
- [23] "선박밸러스트관리협약 채택 외교회의 참가 결과 보고", 해양수산부, 2004. 2
- [24] "국제해사기구 해양환경보호위원회 제51차 참가 결과 보고" 해양수산부, 2004. 3

- [25] “국제해사기구 해양환경보호위원회 제52차 참가 결과 보고” 해양수산부,
2004. 10
- [26] 국제해사기구 민사관련 협약집, 한국해양수산연수원
- [27] IMO 선도그룹 도약 프로그램 추진연구, 해양수산부, 2003. 12
- [28] 차세대 친환경 방오제 개발, 해양수산부, 2004. 7
- [29] 선박기인 오염방지 기술 기획연구, 해양수산부, 2004. 4