



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

특허 분석 및 외국의 사례로 본
GREEN SHIP 핵심기술에 대한 연구



2014 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

기술경영협동과정

이 상 원

공학석사 학위논문

특허 분석 및 외국의 사례로 본
GREEN SHIP 핵심기술에 대한 연구

지도교수 김 동 준

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2014 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

기술경영협동과정

이 상 원

이상원의 공학석사 학위논문을 인준함.

2014 년 2 월 21 일



주 심 공학박사 김 영 진 (인)

위 원 공학박사 김 동 준 (인)

위 원 공학박사 김 민 수 (인)

특허 분석 및 외국의 사례로 본 GREEN SHIP 핵심 기술에 대한 연구

이 상 원

부경대학교 대학원 기술경영협동과정

요 약

조선분야의 국제적 환경규제에 대응하기 위해 에너지 절감 및 친환경 기술에 대한 특허출원이 증가하고 있다. 본 연구에서는 이러한 기술을 Green Ship Technology 라 하고, 이런 기술을 적용한 선박을 Green Ship 이라고 정의하고자 한다. ²⁾

먼저 에너지절감 및 친환경기술에 대한 기술분류 체계를 완성하여 Green Ship 핵심기술을 새롭게 정립하였으며, 1980 년~2011 년까지의 국내 대형조선 3 사의 공개 특허 12,221 건을 조사하고, 그 중 조선해양 관련 특허 3,161 건을 분류하여, 기술분류 체계에 따라 Green Ship Technology 878 건을 선별하여 분석하였으며 뿐만 아니라, 다른 주요 해운국가들의 Green Ship 관련 기술들을 조사하였다.

특허출원 분석 결과 Green Ship Technology 의 특허출원이 2005 년 이후 빠르게 증가하고 있으며, 에너지절감 장치 개선, 친환경 연료공급시스템, 밸러스트수 처리장치에 관한 특허가 많이 출원된 것을 알 수 있었다.

또한 조선해양산업의 기술개발 중심이 선박에서 해양으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 이러한 기술분석은, 조선 및 해양분야의 핵심 기술개발에 방향을 잡는데 중요하며, LNG-FPSO, LNG-FSRU, 미래형 친환경 선박 등 새로운 제품 및 시장의 개발을 위한 정보로 활용가치가 매우 높을 것으로 기대된다.

주제어 : Green Ship, Green Ship Technology, 친환경기술, 특허분석

The study of the core technology of Green ship with patent analysis and foreign cases

Sang-Won Lee

Interdisciplinary Program of Management of Technology,
The Graduate School, Pukyong National University

Abstract

In line with the increasing demand to meet international environment rules & regulations, patent application for energy saving and environment friendly technologies is on the rise. This study defines this kind of technology as Green Ship Technology and Green Ship for vessels that apply such technologies.

The core technologies for Green Ship are classified into energy saving and environment friendly technologies according to the new technology classification system. There were about 12,221 disclosed patents from the big three (3) domestic shipbuilding companies that have been investigated from 1980 to 2011. Accordingly, 3,161 of the 12,261 patents were classified and 878 Green Ship technologies were selected and analyzed further. Green Ship technologies from other nations were also investigated.

The results of patent analysis show that patent application for Green Ship technology has dramatically increased after 2005. Patents relating to energy saving devices, environment friendly fuel gas supply system and ballast water treatment systems have been continuously being received.

A core technical development for shipbuilding and marine industry has shifted from ships to offshore projects. This kind of technology analysis is important to decide direction of the core technology development where it will be useful in the further development of LNG-FPSO, LNG-FSRU and other environment friendly ships.

Keywords: Green Ship, Green Ship Technology, Environment friendly Technology, Patent Analysis

목 차

제 1 장 : 서론.....	1
1. 연구배경.....	1
2. 연구목적.....	2
3. 기술의 정의.....	3
4. 기술의 분류.....	4
제 2 장 : GREEN SHIP 관련 규범의 주요내용.....	6
1. MARPOL 73/78.....	6
2. 선박평형수 관리협약.....	13
3. 선박재활용 협약.....	14
4. 에너지 효율설계지수.....	15
5. 에너지효율운항지수.....	17
6. 선박 에너지 효율관리계획서.....	18
7. 모든 선박에 시장 기반조치.....	18
제 3 장 : GREEN SHIP 의 기술적 요소들.....	19
I. 에너지 절감 기술.....	19
1. 선형의 최적화.....	19
2. 추진기(프로펠러)의 효율성 기술.....	20
3. FUEL GAS SUPPLY(LNG +HFO)	23
4. 폐열 회수 SYSTEM.....	25
II. 친환경 기술.....	26
1. 선박평형수 처리 SYSTEM.....	26
1.1 밸러스트수 처리장치의 기본구성.....	26
1.2 필터+광촉매를 이용하여 처리하는 방법.....	27
1.3 필터+케비테이션+질소를 이용하여 처리.....	28
1.4 이너트가스를 이용하여 처리하는 방법.....	29
1.5 전기분해를 이용하여 처리하는 방법.....	29
1.6 필터+자기분리를 이용하여 처리하는 방법.....	30
1.7 필터+UV 를 이용하여 처리하는 방법.....	30

2. 질소산화물 저감기술.....	31
3. 황산화물 저감기술.....	34
제 4 장 : 국외 GREEN SHIP 정책 및 국내 GREEN SHIP 특허분석.....	36
I. 국외의 GREEN SHIP 정책.....	36
1. 일본.....	36
2. 중국.....	38
3. 덴마크.....	39
4. 미국.....	41
5. 주요 국가별 특허출원 현황.....	42
II. 국내의 GREEN SHIP 특허 분석.....	43
1. 조선해양 기술분야 특허출원 분석.....	43
2. GREEN SHIP TECHNOLOGY 특허출원 분석.....	44
3. 에너지절감 기술 특허분석.....	45
4. 친환경기술 특허 분석.....	46
5. 특허 분석을 통한 기술방향 제시.....	49
제 5 장 : 결론.....	50
참고문헌.....	52
온라인자료.....	52

그림 목차

<그림 1>. <신 조선에 적용될 EEDI Index>.....	16
<그림 2>. <EEDI BASELINE 개념도>.....	17
<그림 3>. <파랑 중 부가저항 절감 효과가 있는 Ax-Bow 선형 개발>.....	19
<그림 4>. <수면 상부 공기 및 바람의 저항감소를 위한 상부구조물의 외형 최적화>.....	20
<그림 5>. <상반회전 프로펠러>.....	20
<그림 6>. <Propeller Boss Cap Fin>.....	21
<그림 7>. <가변피치프로펠러: CPP>.....	21
<그림 8>. <H 중공업의 Thrust Fin>.....	22
<그림 9>. <S 중공업의 Saver Fin>.....	23
<그림 10>. <D 조선해양의 전류 고정 날개>.....	23
<그림 11>. <이중연료 디젤 전기추진 시스템(DFDE : Dual Fuel Diesel Electric)>	24
<그림 12>. <ME-GI(Man Electronic - Gas Injection) Engine>.....	25
<그림 13>. <폐열 회수시스템 플로우 다이어그램>.....	25
<그림 14>. <벨러스트수 처리장치의 일반적인 처리방법>.....	27
<그림 15>. <필터+UV 를 이용하여 처리하는 과정>.....	27
<그림 16>. <필터+케비테이션+질소를 이용하여 처리하는 과정>.....	28
<그림 17>. <이너트가스를 이용하여 처리하는 과정>.....	29
<그림 18>. <전기분해방법을 이용하여 처리하는 과정>.....	29
<그림 19>. <필터+자기분리 방법을 이용하여 처리하는 과정>.....	30
<그림 20>. <필터+UV 방법을 이용하여 처리하는 과정>.....	30
<그림 21>. <선택적 촉매 환원법>.....	32
<그림 22>. <배기가스 재순환(EGR : Exhaust Gas Recirculation)>	33
<그림 23>. <SCRUBBER 내에서 배기가스를 세척하는 SYSTEM>.....	35
<그림 24>. <SCRUBBER 를 장착하는 모습>.....	36
<그림 25>. <슈퍼에코쉽의 개념도>.....	37
<그림 26>. <오염물질 배출저감 선박의 기술>.....	41
<그림 27>. <주요국가별 조선분야 특허출원 현황비교>.....	42
<그림 28>. <조선해양산업 연도별 특허출원 동향>.....	44
<그림 29>. <Green Ship Technology 연도별 특허출원 동향>.....	44
<그림 30>. <에너지절감 세부기술 분포도>.....	45
<그림 31>. <세부 기술 분야의 연도별 출원건수>.....	46

<그림 32>. <친환경기술의 세부기술 분포도>.....	46
<그림 33>. <세부 기술 분야의 연도별 출원건수>.....	47
<그림 34>. <선박평형수 처리장치의 세부기술 별 분포도>.....	48
<그림 35>. <전세계 선박평형수 IMO 기본승인기술 보유현황>.....	48
<그림 36>. <고압천연가스 연료공급장치>.....	49
<그림 37>. <전기분해 장치 개념도>.....	50



표 목차

<표 1>. <에너지 절감 기술 분류체계>.....	4
<표 2>. <친환경 기술 분류체계>.....	5
<표 3>. <MARPOL 73/78 부속서 별 적용양식>.....	6
<표 4>. <MARPOL 73/78 부속서 I의 선박 관련 규제>.....	7
<표 5>. <73/78 부속서 II의 선박 관련 규제>.....	9
<표 6>. <MARPOL 73/78 부속서 III에 따른 선박 관련 규제>.....	10
<표 7>. <MARPOL 73/78 부속서 IV에 따른 선박 관련 규제>.....	10
<표 8>. <MARPOL 73/78 부속서 V에 따른 선박 관련 규제>.....	11
<표 9>. <MARPOL 73/78 부속서 VI에 따른 선박 관련 규제>.....	12
<표 10>. <오염물질 배출저감 선박의 기술>.....	40
<표 11>. <특허검색 대상 및 기준>.....	43



제 1 장 서론

1. 연구 배경

산업혁명 이후 인류는 화석연료를 많이 사용 하면서 산업화를 이루어 물질적으로는 풍요로워졌지만, 기후변화에 심각한 문제를 일으켜 왔다. 기후변화로 인해 지구상의 사회적 경제적 피해가 심각해짐에 따라 국제사회는 이러한 피해를 축소 내지 예방하기 위해 긴밀한 협력을 추진하고 있다. 1992 년 브라질 리우환경회의에서 유엔기후변화협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change)이 체결되었고, 이를 계기로 여러 국제기구도 기후변화에 대한 다양한 대응책들을 강구하고 있다.

해상운송분야에서는 유엔의 기후변화협약이 체결되기 전부터 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)를 중심으로 해양환경보호규범이 제정되기 시작하였다. IMO 는 지난 1978 년 ‘International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)’ 을 채택하면서부터 해양환경오염에 대한 대응책을 지속적으로 마련해 오고 있다. 아울러 IMO 의 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection Committee : MEPC)는 매년 2 회에 걸쳐 해양환경오염방지에 관한 대책회의를 시행하고 있어 향후에도 선박에서 발생할 수 있는 환경파괴물질 등에 관한 각종 규제를 강화할 것으로 예상된다.

IMO 뿐만 아니라 각국의 항만당국도 환경보호를 위해 입출항선박의 운항속도 규제, 사용연료 종류 규제, 화석연료 사용금지 등 각종 규제 기준을 채택하고 있다. 그리고 국제항만협회(International Association of Ports and Harbors : IAPH)는 2008 년 7 월 항만 및 배후지역의 온실가스 감축을 위해 입출항선박에 대한 감시체제를 강화하겠다고 선언한 바 있다.

이와 같이 국제사회는 지구상의 환경보호를 위해 선박의 구조, 선박의 운항, 선박관리 등에 대한 다양하고 실효성 있는 국제규범을 제정함으로써 해운의 녹색화를 급진전시키고 있다. 즉 해운분야에서는 친환경 선박, 친환경 운항, 친환경 거래 등의 세부 기준들이 제정되어 감으로써 녹색해운 패러다임이 자리잡아 가고 있다. 이제는 환경오염행위를 규제하는 차원에 그치지 않고 새롭게 제정되는 각종 환경기준을 충족시켜야 해운거래를 할 수 있는 시대가 오고 있는 것이다.

이에 본 논문에서는 조선분야의 국제적 환경규제에 대응하기 위한 에너지 절감 및 친환경에 대한 기술을 Green Ship Technology 라하고, 이런 기술을 장착한 선박을 Green Ship 이라고 정의 하고자 한다.

외국의 사례에서는, 덴마크 해운회사인 머스크사(Maersk Line)는 환경경영의 일환으로 ‘Eco Efficiency’ 전략을 추진함으로써 에너지효율 향상과 배출가스 저감, 그리고 운영비 절감을 도모하고 있고, 일본 해운회사인 NYK 사는 ‘Super Eco Ship 2030’ 과 같은 무공해 개념 선박을 도입하여 친환경 해운의 장기적 로드맵을 그리고 있으며, 덴마크의 ‘Green Ship of the Future’ 프로젝트나, EU 지역의 ‘유럽 선박기자재 위원회(European Marine Equipment Council)’ 처럼 많은 기업과 기관들이 힘을 모아 공동으로 대응하는 사례도 있다.

그러나 우리나라의 Green Ship 관련한 준비상황은 아직 미비 하다. 그 이유는 IMO 를 중심으로 환경협약이 제정 될 때마다, 제정된 협약에 대한 개별적 문제에 대한 대응책만을 준비해 왔기 때문이며 주요문제점으로는, 첫째로, Green Ship 관련하여 많은 기술들이 있으나 선박의 주요 유망기술이 무엇인지 알 수가 없어 기술개발에 방향을 잡는데 어려움이 있으며, 둘째로, 중소형 조선소는 영세하여 국제규범의 요구사항에 대한 내용 및 연구개발에 대한 대응수준이 낮다는 것이다.

국제사회가 요구하는 환경규약에 대응할 수 있는, 기술개발에 있어 방향을 잡지 못한다면, 그 동안 축적해놓은 우리나라의 조선해양산업은 국제경쟁력을 잃을 위험성도 있다.

2. 연구 목적

IMO 의 해양오염 방지 협약 이후 조선산업 분야는 유조선에서의 단일선체(Single Hull) 규제, 신 조선에서의 밸러스트 탱크 등에 도장 규제 강화, 밸러스트 수 처리 규제, 선박재활용, 대기오염 배출규제(NOx, SOx, VOC 등) 강화와 온실가스(CO2 등) 배출규제 등 국제기구의 규제 및 표준이 강화되어 왔다. IMO 에서 결정된 다양한 환경규제는, 대응여건과 자세에 따라 시장진입 장벽이 되는 동시에 미래의 유망시장으로 작용하게 되었다. 환경오염 방지를 위한 조선기자재업체의 신시장인 선박평형수 처리시스템(Ballast Water Treatment System; BWTS)의 선박 적용은 가장 대표적인 사례로 볼 수 있다.

또한 조선산업 분야의 최대 이슈라 할 있는 IMO 에서 논의되고 있는 온실가스 배출규제에 대한 논의는 선박의 에너지 효율설계지수(Energy Efficiency Design Index)를 측정하여 비교하는 방식으로 전개되고 있으며, 이를 위해 CO2 배출량 감소에 기여할 수 있는 방법들 즉, 열효율이 높은 기관의 개발, 선박의 저항을 최소화할 수 있는 선형 개발, 선박의 에너지 효율을 극대화할 수 있는 저 탄소 운항기술의 개발 등에 대한 영향을 평가하고 대책을 마련하고 있으며, IMO 의 요구조건을 만족시키지 못하는, 효율이 낮은 선박은 시장에서 사라지게 될 것이다.

이러한 조선분야의 환경규제에 대응하기 위해 Green Ship 기술이라 할 수 있는 선형의 최적화 및 추진장치, 친환경 엔진, 질소 산화물 및 황산화물 저감 장치, 선박 평형 수 처리장치 등 신기술이 개발되고 있으며, 이러한 친환경 기술 분야에 대한 특허 출원이 증가하고 있는 추세다.

본 연구에서는 선박의 에너지 절감 및 해양오염방지를 위한 친환경 기술을, 1980 년부터 2011 년까지의 국내 대형조선 3 사의 공개특허 10,000 여 건을 분석하였고, 그 중에 조선해양 관련 특허 3000 여건을 분류하여, 기술 분류 체계에 따라 Green Ship Technology 를 선별하여 분석하였을 뿐만 아니라, 최근 이슈가 되는 국제해사기구의 환경관련 규약 및 관련 기술들에 대해서 정리하고, 다른 나라의 Green Ship 관련한 준비상황도 조사 하였다. 이러한 분석 및 조사를 통하여 향후 기술경쟁력 확보를 위한 기술개발의 방향을 제시하고자 한다.

3. 기술의 정의

A) 에너지 절감 기술

에너지 절감을 위해 목적과 상황에 따라 다양한 형태의 부가장치를 생각해 볼 수 있다. 첫째, 항해 중 선박의 에너지 손실을 저감시킬 수 있는 저항 저감기술, 추진항상을 위한 부가장치들이 있다. 대표적으로 전류고정날개(Pre-Swirl Stator : PSS)는 프로펠러로 유입되는 입사 류의 축 방향 및 회전 방향 속도 분포를 조절하여 선체에 의한 반류 분포를 균일하게 하고, 프로펠러의 회전 방향과 반대 방향으로 유입 류를 회전시켜 줌으로서 추진효율을 향상시켜 연료를 절감하는 기술이다.

둘째, Fuel Supply System 은 기존 HFO (Heavy Fuel Oil) 및 MDO(Marine Diesel Oil) 시스템에서 내연 엔진에 탁월한 연료로 높은 에너지 효율과 낮은 배기가스로 여러 가지 연료의 특성을 가지고 있는 LNG 를 사용하는 방법으로, 선박의 동력원으로 사용되고 있는 MDO 와 LNG 를 자유롭게 혼용하여 사용할 수 있도록 제안된 기술이다.

셋째, 폐열회수시스템(Waste Heat Recovery System : WHRS)은 선박을 추진하는 주 엔진으로부터 배출되는 폐기가스를 이용하여 동력을 발생시키는 파워터빈을 구동하고, 열에너지를 회수해서 보일러를 가열하여 스팀으로 터빈 발전기를 구동하는 폐열회수시스템과 선박에서 배출되는 폐열 중 배기 가스 뿐만 아니라 냉각 시스템으로 배출되는 열에너지를 회수하여 발전장치를 구동하는 유기랭킨사이클 (Organic Rankine Cycle : ORC) 발전시스템이 있다.

넷째, 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compound : VOC) 저감장치는 원유를 적하할 때, 상당한 양의 VOC 증발이 발생된다. 대기 중으로 배출되는 VOC 를 분리해서 저장하여 연료로 사용하거나 탱크내의 적화 물에 재 주입 시키는 장치이다.

B) 친환경 기술

선박분야의 온실가스 감축 및 국제적인 규제에 대응하기 위한 기술들이 개발되고 있다. 첫째, CO₂ 저장기술은 특정 발생원으로부터 포집한 CO₂ 를 압축하고 이를 파이프라인이나 선박 등을 통해 수송하여 최소 수천 년 이상 격리시킬 수 있는 공간에 주입/저장/관리 하는 기술이다.

둘째, 밸러스트수 처리 시스템은 타 지역으로부터 수중 생물 중의 유입 또는 오염된 해수를 통해 자국의 생태계 파괴 및 이로 인한 경제적 손실을 방지하기 위하여, IMO 에서 밸러스트수의 교환, 처리, 관련 설비, 검사 등에 관한 국제협약을 제정, 추진함에 따라 밸러스트수 처리를 위한 여과기술, 자외선기술, 전기분해, 오존기술을 활용한 시스템들이 개발되고 있다.

셋째, 배기가스 저감장치는 선박에서 배출되는 배기 중에 포함된 오염가스 중 황산화물(이하 SO_x)과 질소산화물(이하 NO_x)의 배출 규제에 따라 환경오염 방지를 위한 이들의 제거가 필수적으로 요구된다. NO_x 는 대기 중에서는 쉽게 분해되지 않으며 인체에 유해함은 물론 오존층의 파괴와 같은 환경오염의 원인이 되고 있다. NO_x 의 배출농도를 줄이기 위한 방법으로는 엔진 내부의 연소제어를 통하여 산소의

농도와 온도를 낮추어 NO_x의 농도를 줄이는 방법과 발생된 NO_x를 N₂, H₂O로 환원 분리하는 배기가스 후처리 방법이 있다.

4. 기술의 분류

Green Ship Technology를 표 9와 10과 같이 크게 선박의 에너지 효율 향상 및 GHG(Green House Gas) 감소를 위한 “에너지 절감 기술”과 안전성 향상 및 해양오염방지를 위한 “친환경 기술”로 분류하였다.

<표 1>. <에너지 절감 기술 분류체계>

대 분류	중 분류	소 분류
에너지 절감	저항/저감	Speed CAP (Air Pocket)
		횡 동요 저감
	조타	반 가동타
		전 가동타(Full Spade Rudder)
	추진향상 부가물	전류고정날개(Pre-Swirl Stator)
		Ducted PSS(Pre-Swirl Stator)
		러더/프로펠러 부가물
	Fuel Supply System	선체부가물
		공통
		연료탱크 BOG(Boil Off Gas)저감
	Dual/복수 Fuel	LNG 연료공급시스템
		공통
	폐열회수시스템	디젤/가스
		WHRS(Waste Heat Recovery System)
VOC 저감	VOC 저감	ORC
		휘발성유기화합물(Volatile Organic Compound) 저감 장치

자료: 대우조선해양

<표 2>. <친환경 기술 분류체계>

대 분류	중 분류	소 분류
친환경	ME-GI FGS	
	CO ₂ 저장	CO ₂ 저장탱크
		CO ₂ 포집 시스템
		Ballasting
		no-Ballasting
	밸리스트 수 처리	공통
		자외선 살균(UV)(+필터)
		화학적(+필터)
		전기분해(+필터)
		조수시스템
		오폐수 처리시스템
	HVAC/냉각	공통
		엔진 냉각시스템
		연료 냉각시스템
		열 교환기
		냉매공급시스템
		HEATING SYSTEM
	신 재생에너지 이용 발전/추진	공통
		풍력
		카이트
		태양광
		태양열
		조력/파력
		해수 온도차
		신 재생에너지 이용 발전(추진용 발전 제외)
		연료 전지
	배기가스 저감	배기가스 정화 시스템

자료: 대우조선해양

제 2 장 GREEN SHIP 관련 규범의 주요 내용

1. MARPOL 73/78 ¹⁾

1978 년 채택된 MARPOL 73/78 은 6 개의 부속서로 이루어져 있으며, 사고 혹은 선박 운항 중 유류로 인한 오염뿐 아니라 화학물질, 하수, 포장된 제품, 폐기물, 선박에 의한 대기오염까지 광범위한 해양환경문제를 다루고 있다. ¹⁾

<표 3>. <MARPOL 73/78 부속서 별

적용양식>

구분	부속서 I	부속서 II	부속서 III	부속서 IV	부속서 V	부속서 VI
오염종류	기름 (Oil)	화학물질 (Chemical)	포장된 유해액체 물질	하수 (Sewage)	선박폐기물 (Garbage)	대기오염
대상선박	GT ≥ 150 유조선 또는 GT ≥ 400 유조선 외	케미컬 탱커 또는 NLS 탱커	모든 선박	GT ≥ 400 또는 16 인 이상	GT ≥ 400 또는 15 인 이상	GT ≥ 400
증서 및 비치서류	IOPP SOPEP SMPEP	NLS 또는 IBC/BCH P&A Manual		ISPP	IGPP Placard 폐기물관리 계획서 (GMP) GRB (2 년)	IAPP EIAPP
관련 규정. 협약		SOLAS Chapter VII IBC code, AFS 협약, BWM 협약				

자료 : 녹색해운 전망과 전략

1) 부속서 I : 해양오염 방지 협약 ¹⁾

19 세기 후반부터 1950 년대까지 석유에 대한 소비가 기하급수적으로 증가하면 석유운반선의 크기도 규모의 경제성에 따라 확충되었다. 이러한 현상으로 말미암아 국제사회는 석유운반선의 기름유출로 인한 해양환경오염을 규제하는 국제규범의 필요성을 인식하게 되었으며, 그 결과 1954 년 OILPOL 협약을 채택하기에 이르렀다. 이를 시작으로 IMO 는 선박으로 인해 발생할 수 있는 해양환경오염에 대한 규제를 강화하기 시작하였으며, 1967 년 발생한 Torrey Canyon 호의 120 만 톤 기름유출사고를 계기로 1969 년 OILPOL 협약을 수정하여 기름탱크를 청소한 물을 선박에 설치된 특정탱크에 다시 저장하여 기름을 선적한 항만에 기항했을 때 버리는 'load on top' 시스템도입을 규정했다. 이후 1971 년에는 OILPOL 협약을

수정하여 1972 년 이후 주문되는 모든 탱커선의 화물탱크 사이즈를 규제하는 내용도 포함하였다. 이상과 같이 기존 OILPOL 협약(1954 년)과 1969 년 및 1971 년의 수정사항을 모두 포함하여 IMO 는 1973 년 MARPOL 협약의 부속서 I 을 채택하였다.

이 협약에서는 선사에게 선박에서 방출되는 유용성 물(Oily Water)에 대한 지속적인 모니터링 체제를 갖추도록 했으며, 각 국가 정부에게는 유류 터미널과 항만에서 유용성 물을 취급할 수 있는 시설물 설치를 요구하고 있다. 또한 부속서 I 에서는 지중해, 홍해, 걸프해, 발틱해 등과 같은 지역을 특별지역(Special Areas)로 설정하고 있기도 하다. 그러나 MARPOL 협약의 부속서 I 은 발효조건 (15 개국 비준, 전 세계 상선대의 50% 이상 보유)을 충족시키지 못해 오랫동안 국제적인 규제로써 효력을 가지지 못하다가 ‘1978 MARPOL Protocol’ 이 채택되면서 1983 년 10 월 2 일 발효조건 충족여부와 무관하게 강제적으로 발효되었다.

부속서 I 에서 규정하고 있는 탱커선의 기름유출과 관련한 규정은 세가지로 i) 탱커선이 항해 중에 기름을 유출할 수 있는 양은 탱커선의 운송능력의 1/15,000 을 넘지 못하며, ii) 항해 중에 있는 탱커선은 운송거리 1 마일당 60 리터 이상을 유출할 수 없으며, iii) 육상으로부터 50 마일 이내에서는 화물(기름)을 하역할 수 없다는 것이다. 특히 1978 년에는 새롭게 건조되는 2 만 DWT 급 이상의 유류운반선과 3 만 DWT 급 이상의 유류운반선은 반드시 유용성 물을 처리하기 위해 평형수 탱크와 구분되는 탱크를 구비해야 한다고 명시하고 있다.

또한 2 만 DWT 급 이상의 석유운반선은 원유세척시스템(Crude Oil Washing System : COW)을 구비하도록 하고 있다. 한편 4 만 DWT 급 이상의 기존 탱커선에 대해서는 유용성 물 처리 탱크 또는 COW 시스템 중 하나만 선택하여 구비할 것을 규정하였다.

MARPOL 73/78 의 부속서 I 은 선박에서 발생하는 기름 유출로부터 해양환경을 보호하기 위해 만들어진 국제적인 규제이다. 부속서 I 은 탱커선에 대해 이중선체, 이중선저를 포함하는 Pump-Room 시설, 유용성 물 처리 탱크, 원유세척시스템 등의 구비를 요구하고 있으며, 항만당국은 유용성물을 처리할 수 있는 시설을 구비하도록 요구하고 있다. 그리고 지중해, 홍해, 걸프해, 발틱해, 오만해 등을 특별지역으로 설정하여 유용성 물 처리에 대해 강력한 국제적인 규제를 가하고 있다. MARPOL 73/78 부속서 I 해양오염 방지 협약의 적용대상 선박은 유류운반선, 탱커선 등에 한정된다. 부속서 I 의 조건을 만족시키기 위해 이들 선박은 선박에서 방출되는 유수를 지속적으로 모니터링하는 시스템(모니터링시스템), 유수전용탱크, 원유세척시스템(COW), 이중선체, 기름 잔여물의 분리 및 필터링 장비, 이중선저를 갖춘 Pump-Room 시설, 좌초 또는 충돌로 인한 원유유출방지시스템 등의 설비를 갖추어야 한다.

<표 4>.< MARPOL 73/78 부속서 I 의 선박 관련 규제>

구분	내용	대상선박	비고
설비	모니터링시스템: 선박에서 방출되는 유수의 지속적인 모니터링시스템	모든 탱커선	1983 년부터
	유수 전용 탱크 설치	20,000DWT 급 이상의	

		원유운반선 및 30,000DWT 급 이상의 원유제품운반선	
	원유세척시스템 설치(COW)	20,000DWT 급 이상의 원유운반선	
	이중선체	1996 년 7 월 6 일 이후 인도되는 신조탱커선	1996 년 부터
	기름 잔여물에 대한 분리 및 필터링 장비	모든 탱커선	2001 년 부터
	이중선저를 갖춘 Pump-Room 시설	2007 년 1 월 1 일 이후 건조되는 5,000DWT 급 이상의 모든 원유운반선	2007 년 부터
	좌초 또는 충돌로 인한 원유유출방지시스템	2010 년 1 월 1 일 이후 건조되는 모든 원유운반선	2010 년 부터
인증서	IOPP(International Oil Pollution Prevention)	모든 탱커선	2001 년 부터
	Pollution Incident Emergency Plan		
	Shipboard Oil Pollution Emergency Plan(SOPEP)	유조선의 경우	
	STS Operations Plan	적용선박은 150GT 또는 그 이상의 탱커선	2011 년 부터

자료 : 녹색해운 전망과 전략

2) 부속서 II : 유해 액체물질에 의한 오염 방지 협약¹⁾

1973 년 채택된 부속서 II 는 SOLAS Ch.VII와 함께 화학물질 운반을 제한하는 내용을 담고 있었으며, 1985 년 부속서 II 를 개정하여 ‘국제선적화학물 코드와 선적위험 화합물 코드(International Bulk Chemical Code/Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk : IBC/BCH code)를 강제화하는 것을 채택하였다.

개정된 부속서 II 에서는 위험물 배출 절차뿐만 아니라 환경오염과 선원의 안전을 위한 선박설계 건조기준과 해당 화물의 운송 요건을 포함하여 오염방지 요건을 추가하여 사고로 인한 해양오염을 효과적으로 방지하는 규정을 포함하고 있다. 이러한 내용을 담은 MARPOL73/78 의 부속서 II 는 1987 년 4 월 발효되었다.

본 협약은 모든 케미컬 탱커 및 NLS 탱커를 대상으로 하며, 이들 선박이 운반하는 250 개 유해물질의 잔여물을 부속서에서 정의된 수용시설을 통해서만 배출하고, 육지로부터 12 마일 이내, 수심 25m 이하에서는 배출을 금지하며, 발틱해와 흑해에서는 더욱 엄격한 규제를 적용한다는 내용을 담고 있다

MARPOL 73/78 부속서 II 유해 액체물질에 의한 오염 방지 협약의 적용대상 선박은 유해물질을 벌크 상태로 운반하는 케미컬 탱커선 및 NLS 탱커선이다. 부속서 II 의 규정을 충족시키기 위해서는 IBC Code 에 명시된 설계, 건조, 설비, 운영 기준을 충족해야 하며, 식물성 유지를 운반하는 선박의 경우에는 이중선체 설비를 도입해야 한다. 아울러 P&A Manual 과 Cargo Operation Manual 등을 비치해야 하며, 유해액체물질 배출 및 관리 내용을 화물기록부에 항시 기입해야 한다.

<표 5>. <MARPOL 73/78 부속서 II의 선박 관련 규제>

구분	내용	대상선박	적용 시기
설비	IBC Code 의 설계 기준	케미컬 탱커 및 NLS 탱커	2007 년
	이중선체	식물성 기름을 운송하는 케미컬 탱커, NLS 선박	2007 년
인증서	P&A Manual	케미컬 탱커 및 NLS 탱커	2007 년
	Cargo Operation Manual	케미컬 탱커 및 NLS 탱커	2007 년

자료 : 녹색해운 전망과 전략

3) 부속서 III : 포장 운송되는 유해물질에 대한 방지 협약¹⁾

부속서 III 은 유해물질에 의한 오염 최소화와 방지를 위해 포장, 표기, 라벨링, 통관 서류 작성, 적재, 용량 제한, 예외규정, 통지 등에 대해 세부적인 규정을 마련하여 포장 운송되는 유해물질을 관리하고 있다. 대상선박은 유해물질 포장운송 제품을 운송하는 모든 선박으로 선박 운송 시 포장 운송되는 유해물질에 의한 오염을 최소화하기 위해 이와 관련된 물품이나 사항을 위험물 코드로 구분하여 관리하고 있다. 단, 인명 구조 또는 선박의 안전을 위한 유해물질의 해양투기는 예외적으로 인정하고 있으나, 이외 모든 포장 운송되는 유해물질의 해양 투기는 금지하고 있다. 또한 유해물질이 선박 밖으로 누출될 수 있는 세척작업은 유해물질의 물리적, 화학적, 생물적 특성을 고려하되 승선인원과 선박의 안전을 해치지 않아야 한다.

MARPOL 73/78 부속서 III 의 규정은 포장된 유해물질을 운반하는 모든 선박을 대상으로 하고 있으나, 포장된 유해물질을 특별히 관리하기 위한 설비시설은 규정하고 있지 않기 때문에 선박 자체에 미치는 영향은 없다. 대상 선박은 위험물과 해양오염물질 및 위치를 표시하는 특별 목록이나 적하 목록을 비치해야만 한다.

<표 6>. <MARPOL 73/78 부속서 III에 따른 선박 관련 규제>

구분	내용	대상선박	비고
----	----	------	----

설비		포장된 형태 또는 화물 컨테이너 내부, 운반용 탱크, 탱크로리, 탱크화차로 해양오염 물질을 운반하는 모든 선박	1992 년부터
계획서	특별목록이나 적하목록 또는 적재 계획도 비치		

자료 : 녹색해운 전망과 전략

4) 부속서 IV : 선박하수에 의한 오염 방지 협약¹⁾

선박에서 발생하는 하수에 대한 규제는 IMO 에서 1973 년 MARPOL 73 을 채택할 당시에는 선택적인(Optional) 규제로서 채택되었으나, 1976 년 IMO 가 선박에서 발생하는 하수의 배출에 대한 가이드라인을 채택함으로써 본격적으로 선박에서 배출되는 하수에 대한 규제 논의가 진행되었다. 이는 연안지역과 근거리의 해상에서 배출되는 하수로 인해 바닷물에 함유된 산소량이 감소함으로써 해양 동식물의 생존에 많은 영향을 끼치고 더 나아가 인간의 건강문제를 유발할 수 있다는 판단에 기인한다. 특히 국제 크루즈 선박에서 배출되는 하수는 더욱 심각한 해양환경오염을 유발시키는 원인으로 지적되었다. 따라서 가이드라인에서는 선박이 운항하는 가운데 근거리에 위치한 육지로부터 4 마일 이내에서는 하수를 해상으로 배출할 수 없으며, 4~12 마일 사이에서는 하수를 배출하기 이전에 하수에 포함된 박테리아를 처리하여 배출할 것을 요구하고 있다.

부속서 IV 에서 규정하고 있는 하수 배출에 대한 규제는 400GT 이상의 국제항해에 투입되는 선박으로 15 명 이상 승선한 선박을 대상으로 하며, 이들 선박은 하수를 정화시키는 설비(Sewage Treatment Plants)를 선박에 설치하거나 정화되지 않은 하수를 보관할 수 있는 탱크를 설치해야 하고, 이 정화기를 통해 정화된 하수를 육지로부터 3 마일 이상 떨어진 지역에서부터 배출할 수 있으며, 12 마일 이상에서는 정화되지 않은 하수도 방출할 수 있도록 규정하고 있다.

아울러 ISPP 라는 인증서를 항시 구비해야 한다. 이러한 설비 또는 인증서를 구비하는 데 소요되는 비용은 선박건조비용에 비해 월등히 적기 때문에 선박건조비용을 상승시키지는 못할 것으로 판단된다.

<표 7>. <MARPOL 73/78 부속서 IV에 따른 선박 관련 규제>

구분	내용	대상선박	비고
설비	Sewage Treatment Plants 설치 또는 오수 보관 탱크 설치	400GT 이상의 국제항해에 투입되는 선박으로 15 명 이상 승선한 선박	2010 년부터
인증서	ISPP(International Sewage Pollution Prevention Certificate) 구비		2010 년부터

자료 : 녹색해운 전망과 전략

5) 부속서 V : 선박 폐기물에 관한 오염 방지 협약¹⁾

1998 년 발효된 부속서 V 는 선박에서 발생하는 폐기물의 해양 투기에 대한 규제로, 폐기물의 종류에 따라 투기금지지역이 상이하나 연안선 3~12 마일 이내에서는 투기가 금지된다. MARPOL 73/78 부속서 V 의 규정에 따라 400GT 이상, 15 인 이상 승선한 국제항해선박은 폐기물처리시설(분쇄 및 보관)을 갖추어야 하며, 전장 12m 이상의 선박에서는 쓰레기 폐기요건을 적시한 게시물을 부착하고, 폐기물 기록부도 비치해야 한다. 따라서 신조선 건조 시에 폐기물 분쇄시설, 장비 및 플라스틱 제품 류 폐기물 보관시설이 의무적으로 설치되어야 한다.

<표 8>. <MARPOL 73/78 부속서 V 에 따른 선박 관련 규제>

구분	내용	대상선박	비고
설비	- 쓰레기 폐기요건을 알리는 게시물 부착	전장 12m 이상 선박	1997 년 부터*
	- 폐기물처리시설(분쇄 및 보관)		
선박 비치문서	- 폐기물 관리 계획 비치	400GT 이상, 승선인원 15 인 이상 선박	
	- 폐기물 관리 기록부를 비치한 후 기록.서명		

자료 : 녹색해운 전망과 전략

6) 부속서 VI : 선박으로부터 대기오염 방지 협약¹⁾

부속서 VI 은 지구의 오존층을 파괴하는 CFC(Chlorofluorocarbon, 프레온가스) 냉매 및 할론(Halon)가스의 배출 금지, 휘발성 유기화합물(VOCs)의 배출규제, 폴리염화비페닐 (Polychlorinated Biphenyls : PCBs) 등 선박 내 쓰레기 소각 금지 내용도 포함되어 있다. 또한 이 협약에는 질소산화물의 배출허용치를 만족하는 엔진을 사용하도록 하고 황 함유량이 4.5% m/m 이하인 연료유를 사용하도록 규제하고 있다. 그리고 발틱해를 SECA(Sox Emission Control Area) 지역으로 설정하여 황 함유량이 1.5% m/m 를 넘지 않도록 규제를 강화했다.

주요 내용은 i) 질소산화물과 황산화물을 모두 관리하기 위해 SECA 를 ECA(배출통제해역, Emission Control Area)로 변경했고, ii)오존층파괴 물질이 재충전될 수 있는 장치를 설치한 400GT 이상의 국제항해 선박은 오존층 파괴물질 기록부(Ozone-Depleting Substance Record Book)' 을 비치 유지해야 하고, iii) 2011 년 1 월 1 일 이후에 건조된 선박에 탑재된 디젤엔진에 대하여 강화된 기준을 적용하고, iv) 연료유의 황 함량을 저감시키기 위한 기준을 강화하고, v) 원유탱커의 경우 휘발성 유기화합물 배출을 최소화할 수 있는 절차가 기재된 휘발성 유기화합물 관리계획서(VOC Management Plan)를 선박에 비치해야 한다.

질소산화물 배출규제는 2000 년 1 월 1 일 이후 건조 되거나 개조가 발생한 선박의 디젤엔진 출력이 130kw 이상일 경우에 적용되나 비상용 디젤엔진 및 구명정에 설치된 디젤엔진, 자국 내에서만 운항하는 연안 선박에는 적용되지 않는다.

선박엔진으로부터 NO_x 를 감소시키기 위한 배출허용기준은 현재 배출 수준인 Tier I, 현재보다 NO_x 를 15~22%, 80%를 각각 감소시키는 Tier II, Tier III가 있다. 선박건조시기 및 해역 위치에 따른 질소산화물 규제내용은 Tier I, II, III으로 구분되는데, 배출통제해역(Emission Control Area : ECA)에 서는 Tier III의 규제를 받고, 일반해역에서는 Tier II의 규제를 받는다. 이러한 배출허용기준을 만족하지 못하는 선박용 디젤엔진은 사용할 수 없게 된다.

그리고 주 관청의 승인을 받은 NO_x 의 배출조건을 만족시키는 후처리 장치(Selective Catalytic Reduction : SCR, 선택적 촉매환원장치) 등을 선박에 탑재하여 배출통제해역 운항 시 작동시켜 Tier III의 기준을 만족시켜야 한다. 황산화물 배출규제(Regulation 14)에 따르면, 2012 년 1 월 1 일 이전까지 연료유의 황 함유량은 4.5% m/m(Percent by mass)를 초과할 수 없으며, 이후에는 3.5% m/m 이하로 하고 2020 년 1 월 1 일 이후부터는 0.50% m/m 를 초과할 수 없다.

MARPOL 73/78 부속서 VI의 규정에 따라 선박은 대기오염을 저감시키기 위한, 유증기 수집장치, 배기가스세정장치, 후처리 장치 등을 설치해야 한다

<표 9>. <MARPOL 73/78 부속서 VI에 따른 선박 관련 규제>

구분	내용	대상선박	비고
설비	대기 중 VOC 배출을 제어하는 유증기 수집장치(Vapor Collection System)	VEC(Vapor Emission Control System)가 설치된 항만에 입항하는 선박	2005. 5. 19 이후
	IMO 형 선내 소각기	2000 년 1 월 1 일 이후 건조된 선박	2005. 5. 19 이후
	배출을 저감하기 위한 배기가스세정장치(EGC: Exhaust Gas Cleaning System)	엄격한 배출기준을 맞추려는 선박	2010. 7. 1. 이후
	Tier III 기준을 만족시키기 위한 후 처리장치(SCR, Selective Catalytic Reduction)	ECA 를 운항하는 선박	2010. 7. 1. 이후
	배출규제 기준을 만족하는 디젤엔진 선박	2000 년 1 월 1 일 이후 건조된 선박	2010. 7. 1. 이후
인증서	IAPP(International Air Pollution Prevent)	모든 선박	신규 IAPP 2010. 7. 1. 이후
	EIAPP(Engine International Air	Technical Code 에	2010. 7. 1.

	Pollution Prevent)	따른 검사를 통과한 선박	이후
선박 비치 문서	Ozone Depleting Substance Record Book	IAPP 증서를 가진 선박	2010. 7. 1. 이후
	VOC Management Plan	원유 운송 탱커선	2010. 7. 1. 이후
	Fuel Oil Changeover Procedure	ECA 를 운항하는 선박	2005. 5. 19 이후
	Bunker Delivery Note 와 연료유 샘플	모든 선박	2005. 5. 19 이후
디젤 엔진 규제	Tier I 기준 디젤엔진 사용	2000~2010 년 건조된 선박	2010. 7. 1. 이후
	Tier II 기준 디젤엔진 사용	2011 년 이후 건조된 선박	
	Tier III 기준 디젤엔진 사용	2016 년 건조선박 중 ECA 에서 운항하는 선박	

주 : 모든 선박은 400GT 이상 국제항해 선박임

자료 : 녹색해운 전망과 전략

2. 선박평형수 관리협약¹⁾

1988 년 평형수(Ballast water)에 포함된 해양미생물에 대한 위험성이 IMO 에서 논의되기 시작하면서, 이들 생물체의 위험성을 국제사회에 알리기 위해 IMO 에서는 Global Ballast Water Management Program 을 수행하였다. 그 결과 전 세계적으로 300 억 톤의 평형수가 사용되고 있으며, 이에 함유된 해양 미생물이 선박을 통해 이동하면서 지역생태계에 많은 영향을 미치고 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 연구 결과를 토대로 IMO 에서는 지난 2004 년 2 월 ‘International Convention for the Control and Management of Ships’ Ballast Water and Sediments(BWM Convention)를 채택하게 되었으나 현재까지 발효기준(비준국 30 개국 이상, 세계 선대규모의 35% 이상)을 충족하지 못해 발효되지는 못하고 있다. 그러나 최근 크로아티아, 자메이카, 터키, 아르헨티나, 네덜란드, 호주, 핀란드, 뉴질랜드 등이 BWM 협약을 곧 비준할 것으로 알려져 있으며, 향후 2 년 내에 덴마크, 에스토니아, 독일, 폴란드, 라트비아(Latvia), 리투아니아(Lithuania) 등이 비준할 계획에 있어 BWM 협약의 발효의 시기는 향후 2 년 이내로 전망 되고 있으며, 발효시점 이후 12 개월 이후에 국제사회의 규범으로써 그 효력을 가지게 될 것이다.

BWM 협약으로 인해 선박이 갖추어야 할 시설은 선박평형수 처리설비이며, 평형수 관리를 위해 Ballast Water Record Book 을 작성하여 항시 선박에 비치해야 한다. 그러나 선박평형수 처리설비의 경우 의무적으로 설치할 필요성이 없기 때문에 선가 상승의 요인으로는 작용하지 않을 것이다. 다만, 평형수 교환기준에 맞추어 평형수를 교환하기 위해서는 선박평형수 처리설비를 설치하는 것이 효과적이기 때문에 현재

건조 중이거나 운항 중인 선박도 선박평형수 처리설비를 설치하는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 설비의 설치비용이 크지 않을 것으로 판단되므로 선박의 건조비용 또는 운항원가에는 많은 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

BWM 협약은 선박으로부터 배출되거나 교환되는 평형수에 포함된 10 종의 미생물을 관리하기 위한 협약으로 평형수의 교환기준 또는 교환지역을 명확하게 명시하고 있다. 특히 BWM 협약은 평형수 이행기준 또는 교환기준을 통해 선박평형수에 포함된 미생물의 양에 대한 기준을 만들고, 기준을 충족하는 평형수만 교환지역으로 지정된 지역에서만 교환하도록 하고 있다. 이에 따라 선박운항 시 평형수에 대한 철저한 관리가 필요하다. 그러나 BWM 협약이 평형수를 관리하기 위한 특별 관리구역을 설정하지 않고 있어 운항에는 아무런 문제가 발생하지 않는다. 다만, 평형수를 관리하지 못하거나 BWMP 등의 관리계획 또는 관리 장부를 구비하지 않을 경우에는 비준 국 입항이 금지될 수 있기 때문에 이에 대한 준비가 필요할 것이다.

3. 선박재활용협약¹⁾

세계적으로 여객선, 컨테이너선, 일반화물선 등을 포함하여 매년 약 700 여 척이 해체되고 있다. 선박은 다양한 물질로 구성되기 때문에 해체 시 유해물질이 배출되어 해양이나 인체에 영향을 줄 수 있다. 이러한 선박해체 시의 해양오염에 대한 대처 필요성이 대두되면서, IMO 를 중심으로 선박 재활용 규정에 대해 논의가 시작되었고 2009 년 선박재활용협약이 채택되었다. 선박은 일반적으로 유해물질을 함유하고 있으므로 선박 재활용시설에서 이러한 물질들을 안전하고 환경친화적으로 처리할 수 있도록 본선의 설비, 재료, 구조, 시스템 등에 포함된 유해물질목록 정보를 제공하는 것이 선박재활용협약의 목적이다.

선박재활용이 해양환경에 미치는 영향은 IMO 에서 2000 년부터 논의되기 시작하였으며, 2002~2004 년에 걸쳐 IMO 는 선박재활용에 관한 지침(Guideline on Ship Recycling)을 마련하였다. 선박재활용에 관한 지침의 최종안은 친환경적으로 선박의 폐선 및 해체를 관리하는 일반적인 원칙을 제시하고 있다. 지침 내용을 보면 항만 당국, 재활용 시설 보유국, 선주, 조선소, 조선기자재 공급자, 재활용 시설 등 각 이해 당사자들의 역할을 규정하 잠재적 유해물질을 파악하도록 되어 있다. 2005 년 IMO 53 차 MEPC 회의에서는 선박재활용에 관해 법적 구속력을 가진 새로운 협약 개발의 필요성이 제기되었다. 협약의 주요 범위는 선박의 운항효율과 무관하게 선박재활용을 촉진하기 위한 설계, 구조, 운항, 안전 및 친환경적 재활용시설 운영, 선박재활용을 위한 적절한 강제수단의 설정 등으로 제안되었다. MEPC53 차 회의에서 회원국은 최종적으로 2008 년이나 2009 년에 선박재활용에 관한 강제 법안을 마련하는 것을 동의하고, 2005 년 11 월에 IMO 총회에서는 MEPC 에서 선박재활용 강제화 협약을 개발하는 것에 동의하였다. 2009 년 5 월 홍콩에서 개최된 외교회의에서 ‘안전하고 환경적으로 건전한 선박재활용 국제협약 2009(Hong Kong International convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships, 2009) 이 채택되었다. 협약의 적용대상 선박은 500GT 이상의 당사국 선박과 당사국 사법 통제권 하에서

운영되고 있는 선박재활용시설이다. 본 협약에 따르면 선박은 건조 시부터 유해물질 목록을 작성하여, 유해물질에 대해 관리하고, 재활용 시에는 주 관청의 승인을 받은 재활용시설에서 선박을 재활용해야 한다.

유해물질목록 작성에 관한 사항은 다음과 같다. 먼저 유해물질목록 Part I 은, 작성 후 이를 주 관청 혹은 대행기관에 의해 승인을 받아야 한다. 신조선의 경우는 조선소가, 현존선의 경우는 선주가 이를 작성한다. 신 조선은 선박 인도 시에 유해물질목록 Part I 을 본선에 비치하여야 하며, 현존 선은 협약 발효 후 5 년 이내에 본선에 비치하여야 한다.

표준서식에 포함된 항목은 협약의 부록 1 과 2(Appendix 1 & 2)에 등재된 물질을 함유하고 있는 도료 및 코팅, 설비 및 기기, 구조 및 선체의 명칭, 종류, 위치, 유해물질 종류, 함량 등이며, 이의 위치 및 개략적인 함유량이 식별될 수 있어야 한다. 유해물질의 위치는 일반배치도, 화재 제어도, 기기 배치도, 탱크 배치도를 참조하여 기재한다. Table B 로 분류된 물질이 허용치 이상 함유되어 있다면 반드시 유해물질목록 Part I 에 기재해야 한다. 선박 폐기 전까지 유해물질 목록 Part I 은 유지관리. 갱신되어야 한다. 다음으로 유해물질목록 Part II(운항상 생성된 폐기물)와 III(저장물질)은, 선박의 재활용이 결정된 시점에서 선주가 이를 작성하여 최종검사 수검 전까지 주 관청 또는 검사 대행기관으로부터 승인을 받아야 한다. 선박재활용협약으로 인해 선박에 설치해야 하는 설비는 없다.

4. EEDI(Energy Efficiency Design Index): 신조선 에너지효율 설계지수¹⁾

2007 년 기준 선박에서 배출되는 이산화탄소량은 10 억 4,600 만 톤으로 전 세계 이산화탄소 배출량의 3.3%를 차지하고 있으며, 외항부분의 이산화탄소 배출량은 8 억 7,000 만 톤으로 전 세계의 2.7%를 차지하고 있다. 그 비중은 도로운송(21.3%) 등에 비해 작지만, IMO 의 시나리오 SRES(Special Report on Emission Scenario) 분석 결과 적절한 조치를 취하지 않으면 화물 운송량이 많은 해운업의 온실가스 배출량이 2050 년에는 전 세계 온실가스 배출량의 12~18%를 차지할 것으로 예상하고 있다. 1997 년 교토의정서 도입 시 선박의 해당 국적 논란과 준비의 미비로 UNFCCC 는 선박에 대한 온실가스 규제책임과 도입을 IMO 에 위임하였다. IMO 는 1997 년 9 월 대기오염 관련 회의(MEPC 40 차)를 개최하고 선박 온실 가스 규제에 대한 의제를 채택하고 연구를 진행하였으며, 2000 년 6 월 그 결과 The IMO Study of Greenhouse Gas Emission from Ships 을 발표했다. 그리고 2009 년 4 월 2 차 연구결과를 발표했다. IMO 는 2010 년 3 월 MEPC 60 차 회의에서 선박의 온실가스 규제 협약 초안 검토 및 감축목표를 논의하기 시작했다.

IMO 의 온실가스 배출 부분의 연구 목적은 현재 및 미래의 외항선박의 온실가스 배출량을 파악하고, 기술 및 운영, 시장기반 대책 적용을 통한 온실가스 배출량 감소 가능성을 조사하고, 외항선박의 온실가스 배출이 기후변화에 미치는 영향을 분석하는 것이다. IMO 는 선박 한 척당 온실가스 배출량은 재생 에너지 사용, 온실가스 배출이 적은 연료 사용, 운항속도 감축 등의 노력을 통하여 25~75%까지 감축할 수 있다고 보고 IMO 의 MEPC 에서는 선박에서 배출되는 온실가스를 감축하는 3 가지 방안을 개발했다. IMO 의 3 가지 온실가스 감축방안은 i)신조선 에너지효율 설계지수 ii)

현존선 에너지효율 운항지수와 선박 에너지효율 관리계획서(Ship Energy Efficiency Management Plan : SEEMP), iii) 모든 선박에 대한 시장 기반조치(Market Based Measures : MBM)이다.

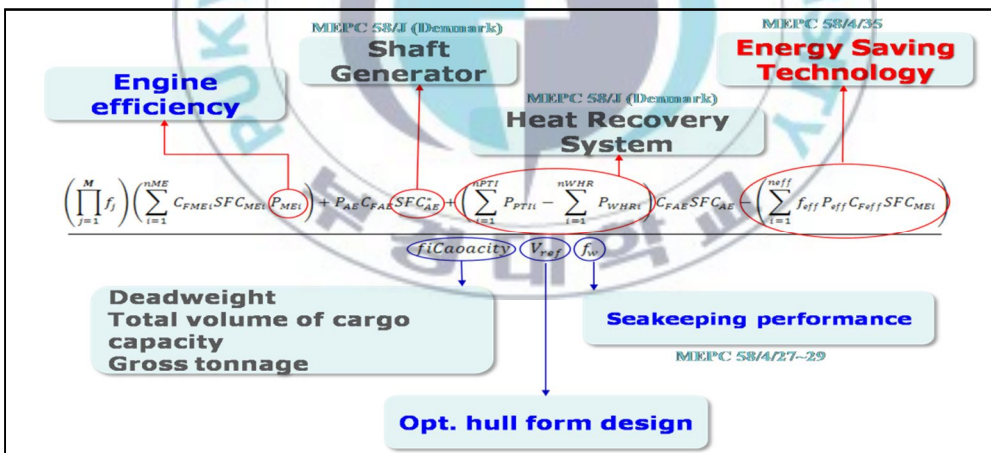
EEDI 산정공식은 제 58 차 MEPC 회의에서 임시로 완성하여, 각국에 시험적으로 사용을 권고한 상태이다. EEDI 는 선박의 연비효율(에너지효율)을 나타내는 설계지수로서 1 톤의 화물을 1 마일(nautical mile : nm) 운반할 때 나오는 이산화탄소 배출량(gCO2/ton.mile)이다.

$$\frac{(1) \left[\prod_{j=1}^M f_j \right] \left[\sum_{i=1}^{nME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right] + (2) P_{AE} C_{FAE} SFC_{AE} + (3) \left[\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTIi} - \sum_{i=1}^{nWHR} P_{WHRi} \right] C_{FAE} SFC_{AE} - (4) \left[\sum_{i=1}^{neff} f_{effi} P_{effi} C_{Feffi} SFC_{MEi} \right]}{(5) f_i Capacity V_{ref} f_w}$$

자료: IMO MEPC 59

수식의 (1), (2)는 엔진 및 보조엔진에서 나오는 이산화탄소 배출량을 계산한 것이고, (3), (4)는 연료절감장치 설치에 의한 온실가스 배출량 감소를 고려한 것이며, (5)는 선박이 시간당 할 수 있는 최대의 일량을 계산한 것이다

<그림 1>. <신조선에 적용될 EEDI Index>



자료: IMO MEPC 59

이러한 신조선의 이산화탄소 발생량 기준선을 통해 신조선의 이산화탄소 배출 감축 목표량이 정해지는데, 그 공식은 $(1 - X/100) \times$ 기준선 값으로, 이 기준에 따라 선박의 이산화탄소 발생량 지수가 기준선(요구 EEDI) 이하인지 또는

이상인지를 파악하여 신조 선박의 운항가능과 운항불가능 결정하며, 향후에 이 기준선은 단계적으로 강화될 예정이다.

<그림 2>. <EEDI BASELINE 개념도>



자료 : 녹색해운 전망과 전략

5. EEOI(Energy Efficiency Operational Indicator) : 현존선 에너지효율 운항 지수¹⁾

EEOI 는 주어진 기간 동안 화물 1 톤을 싣고 1 마일 운항 중인 선박의 이산화탄소 배출량(gCO₂/ton.mile)을 측정하는 지표로서, 현재 IMO 는 운항중인 선박의 이산화탄소 배출량을 산정하는 공식 및 기준선을 구하는 방식에 대해 논의 중이다. IMO 는 2005 년 현존선 EEOI 를 계산하는 임시공식을 채택하였고, 각국 정부에게 이 공식을 시험적으로 사용해보도록 권고하였으나, 국가별 시험 결과의 편차가 심해 임시공식을 정식으로 채택하기가 어려운 상황이다. EEOI 를 산정하는 공식은 아래와 같으며, FC 는 연료 소모량, C 는 이산화탄소 발생계수, m 은 운송된 화물량, D 는 운항거리를 나타낸다.

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{carbon}}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i}$$

자료: IMO MEPC 59

EEOI 도 EEDI 처럼 기준선을 설정해 강제적으로 이산화탄소 배출량 감축규제를 실시할 것인지 자율적으로 선박의 운항 효율성을 점검할 것인지에 대해서 논의 중에 있다. 현재 EEOI 는 운항효율을 나타내는 하나의 권고사항이다.

6. SEEMP(Ship Energy Efficiency Management Plan) : 선박 에너지효율 관리계획서¹⁾

SEEMP 는 선사나 선주로 하여금 선박의 에너지효율성을 높이기 위한 하나의 지침서이다. 지침서에는 선사의 에너지 관리 정책에 도움이 되도록 기획 단계부터 다양한 환경을 고려한 개선된 운항계획, 속도 및 추진력 최적화, 선박관리 최적화, 선대관리최적화, 화물관리 최적화, 에너지관리 등이 있다. SEEMP 지침에는 계획, 실행, 모니터링, 자체평가 및 개선 등 4 가지 단계를 거쳐서 선박의 에너지효율성을 개선하도록 권고하고 있다. SEEMP 를 본선에 비치하고 자발적으로 이용하도록 권고하고 있는데, 현재는 주 관청의 승인이나 검사는 불필요한 상황이다.

7. MBM(Market Based Measure) : 시장기반조치¹⁾

IMO 는 기술적 및 운항적 조치를 통해서 많은 양의 온실가스를 감축할 수 있다는 것을 검증했다. 이러한 조치를 활성화하기 위해서 시장기반조치를 이용한 규제를 고려하고 있다. 시장기반조치의 기본 방향은 연비가 좋아 이산화탄소 배출량이 적은 선박들에게는 혜택을 주고, 연비가 좋지 않은 선박에는 각종 벌금을 부과하여 연비 개선 노력을 하도록 유도하는 것이다. 그 방식에는 연료유 사용에 대해 정해진 금액을 부담하는 온실가스기금(GHG Fund), 유럽연합에서 시행하고 있는 배출권 거래제도와 유사한 탄소 배출권 거래(Maritime Emission Trading Scheme : METS) 두 가지이다. 연비 효율이 좋지 못해 이산화탄소를 기준 이상 배출하는 선사는 탄소세를 부담하거나 탄소배출권을 구입하는 등 추가 비용 부담이 늘고, 반면에 에너지효율성이 높은 선사는 적립된 금액을 가지고 탄소배출권을 매각하거나 인센티브로 받는다. 한편 기준 이상의 이산화탄소를 배출했을 경우 부담금을 내게 되어 있는데 현재 그 기준이 명확하지 않다.

신 조선에 대한 이산화탄소 배출규제 쟁점사항은 i) EEDI 기준선(Baseline) 산정 공식 및 요구 EEDI(Required EEDI) 설정, ii) 이산화탄소 배출 감축량 목표 설정, iii) 협약 포함 방법, iv) 시장기반조치 영향평가 및 시행 네 가지다. 첫

번째 쟁점사항은 EEDI 기준선 산정공식 및 요구 EEDI 기준 설정이다. EEDI 기준선 수식은 확정되었지만, 컨테이너선 등 선종 별로 통일된 기준선이 설정되지는 않았다. 앞으로 EEDI 기준선 설정을 위한 수식 및 계산 지침을 개발하고, 특수 선종에 적용하기 위한 EEDI 를 검토할 예정이다.

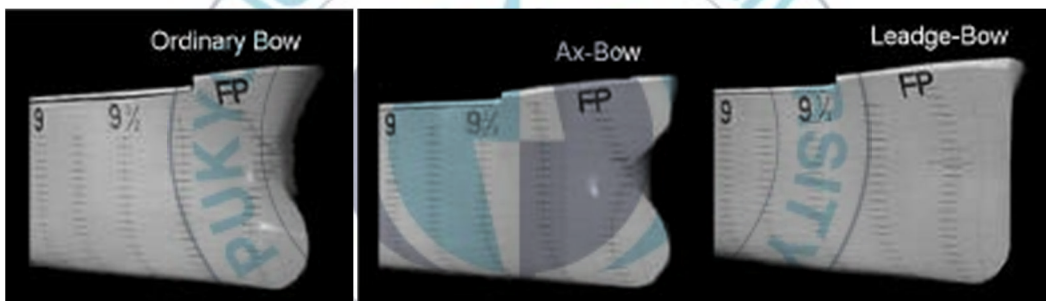
제 3 장 GREEN SHIP 의 기술적 요소 들

I. 에너지 절감 기술

1. 선형의 최적화

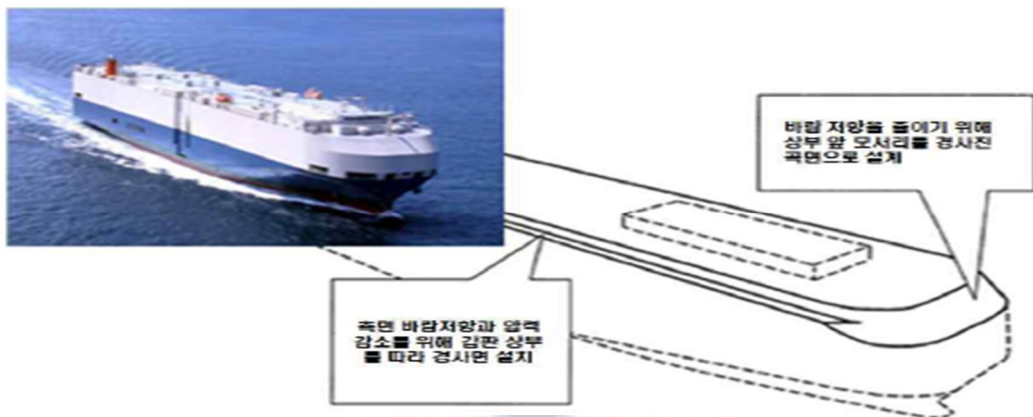
에너지 절감 형 신개념 선형 설계 기술은, 선형 최적화로 인하여 환경외력에 의한 저항 최소화, 추진효율 향상, 유체 및 조파저항 저감, 공기 및 바람에 의한 저항 감소도 가능하다. 운항 중 선수 부 조파저항 감소장치의 대표적인 예로는 구상선수를 들 수 있으며, 약 5%의 연료 저감효과가 있는 것으로 확인 되었다.

<그림 3>. <파랑 중 부가저항 절감 효과가 있는 Ax-Bow 선형 개발>



자료: 해양연구원, 홍성인 외, 국제해사기구(IMO) 선박연비규제의 선박금융 연계 가능성과 차별화 전략 연구」에서 재인용

<그림 4>. <수면 상부 공기 및 바람의 저항감소를 위한 상부구조물의 외형 최적화>



자료: 해양연구원, 홍성인 외, 「국제해사기구(IMO) 선박연비규제의 선박금융 연계 가능성과 차별화 전략 연구」에서 재인용

2. 추진기(프로펠러)의 효율성 기술

1) 상반회전프로펠러(Contra Rotating Propeller : CRP)는 서로 다른 방향으로 회전하는 프로펠러를 전후에 위치시킴으로써 효율성을 높인 추진기로 에너지 효율 10~15% 향상을 기대할 수 있다. CRP 는 전방프로펠러가 내는 후류중 추진에 기여하지 않는 회전방향의 물의 흐름을 후방프로펠러가 흡수하여 추진력으로 발생시킴으로써 효율을 극대화 한다. 이미 대형선박에 장착하여 10% 이상의 에너지효율 향상 확인 하였다.

<그림 5>. <상반회전 프로펠러>



자료 : 한국수출입은행, “그린쉽 (Green Ship : 고연비, 친환경선박)
- 조선 산업의 새로운 도전과 기회”

대형 저속기관에 적합하며, 인접한 프로펠러를 역회전 시키기 위한 기어장치의 장착 등으로 축의 구조가 복잡해지며 초기 비용이 높아지는 단점이 있음

2) 프로펠러 보스 캡 핀(Propeller Boss Cap Fin: PBCF)는 프로펠러 중앙 선단에 설치하는 간단한 장치로 효율을 향상 시킬 수 있다.

<그림 6>. < Propeller Boss Cap Fin >

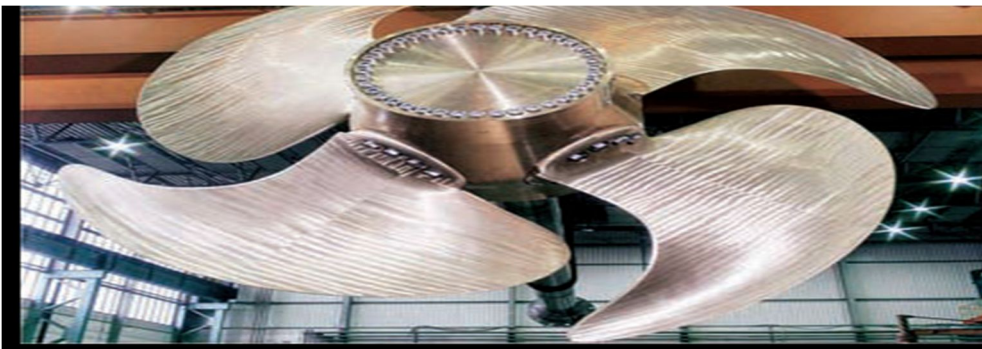


자료 : 한국수출입은행, “그린쉽(Green Ship : 고연비, 친환경선박) - 조선 산업의 새로운 도전과 기회”

프로펠러 후단중앙에는 중앙부 소용돌이에 의하여 저압부분이 생기는데 이러한 저압부는 선박을 뒤로 끌어당기는 효과가 있어 추진효율이 떨어진다. PBCF 는 중앙부에 하나의 후류를 만들어 줌으로써, 저압 부를 없애고 추진 효율을 증가시킴으로써 약 4~5%의 연료효율 향상 효과가 있다.

3) 가변피치 프로펠러(Controllable Pitch Propeller: CPP)는 프로펠러 날개 하나하나가 허브에 개별적으로 연결되어 있고 각도의 조절이 가능하여 유리한 입출력 각을 만듦으로써 효율을 향상시키는 추진기이다.

<그림 7>. < 가변피치프로펠러: CPP >



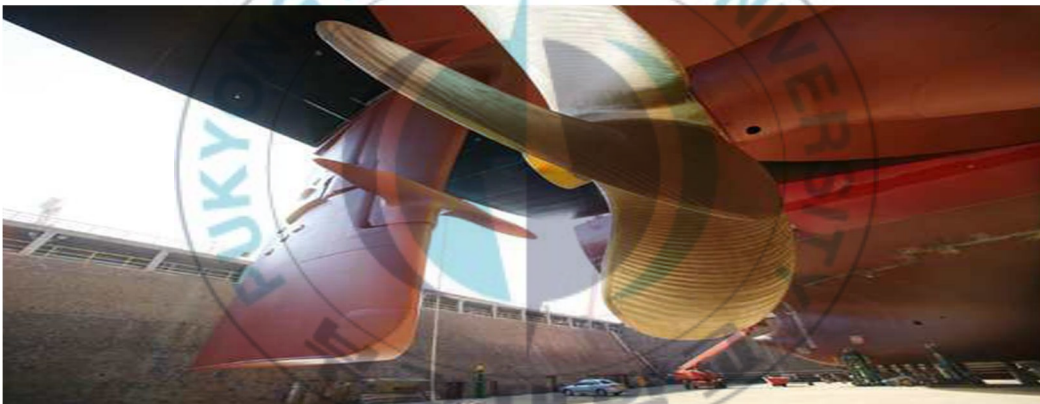
자료: KR Technical Report 2012

본래는 예인선이나 소형 정처럼 운항조건이 심하게 바뀌는 선박에 사용되며 장거리 정속 운항 선박에는 적합하지 않으나 고속운항 하는 일부 선박에 장착하여 10% 이내의 효율 향상이 가능하다.

4) 스러스트 핀(Thrust Fin)은 선박의 운항 시 물의 흐름을 조절하여 프로펠러의 효율을 향상시키는 부가물을 장착함으로써 에너지효율을 제고하는 연구도 국내 조선소들을 중심으로 진행 중이다. 선박의 실제 운항조건에서는 파도와 해류 등 복잡한 물의 흐름으로 프로펠러의 효율에 유리한 입사각이나 후류의 흐름을 얻기 어렵다. Thrust fin 은 이에 프로펠러 전후에 설치된 부가물을 통하여 해수의 흐름을 조절 함으로서 상반회전 프로펠러와 같은 고효율의 효과를 얻을 수 있다는 개념이다.

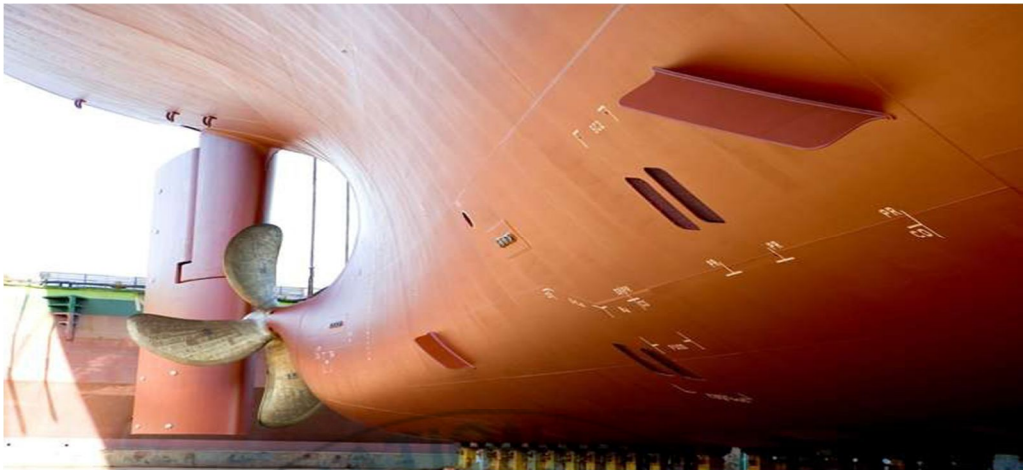
H 중공업은 프로펠러 뒤쪽 rudder 에 장착된 fin 으로 3~6%의 연료절감 효과가 있다고 주장하고 있으며 이에 프로펠러 전후에 설치된 부가물을 통하여 해수의 흐름을 조절 함으로서 상반회전 프로펠러와 같은 고효율의 효과를 얻을 수 있다는 개념이다.

<그림 8>. <H 중공업의 Thrust Fin>



5) 세이버 핀(Saver Fin)은 S 중공업이 선체 후부 측면의 Fin 을 설치하여 프로펠러로 들어가는 물의흐름을 개선하여 3~5%의 연료절감과 50% 진동감소 효과가 있다고 한다. 현재 VLCC 등에 장착 중이다.

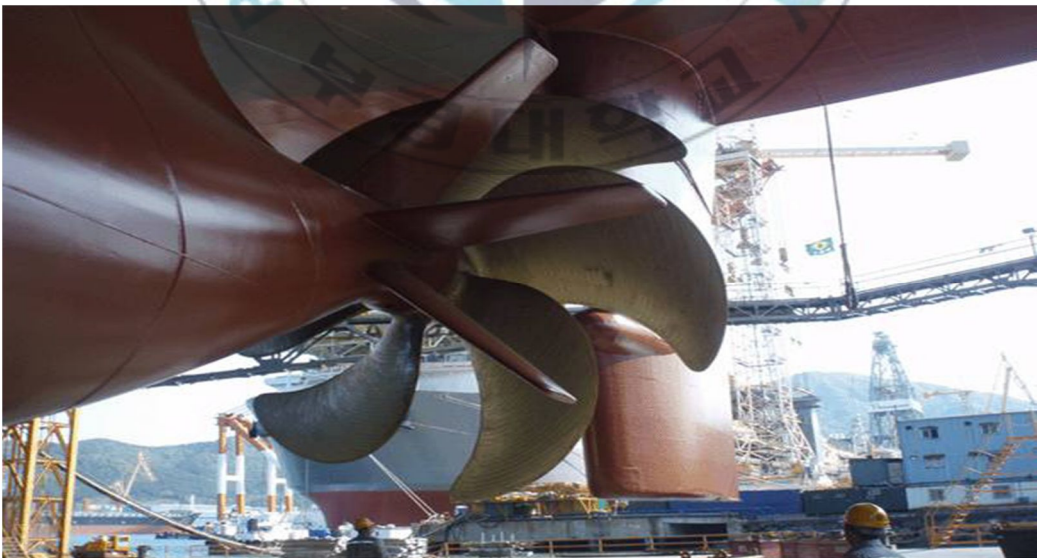
<그림 9>. < S 중공업의 Saver Fin >



6) 전류고정날개(PSS : Pre-Swirl Stator) 는 D 조선해양이 프로펠러 앞쪽에 전류고정날개 (프로펠러 입사류의 흐름개선)를 장착함으로써 4~6%의 연료절감효과가 있다 하며, VLCC 에 장착 실적이 있다.

3. FUEL GAS SUPPLY (LNG +HFO)

<그림 10>. < D 조선해양의 전류고정날개>

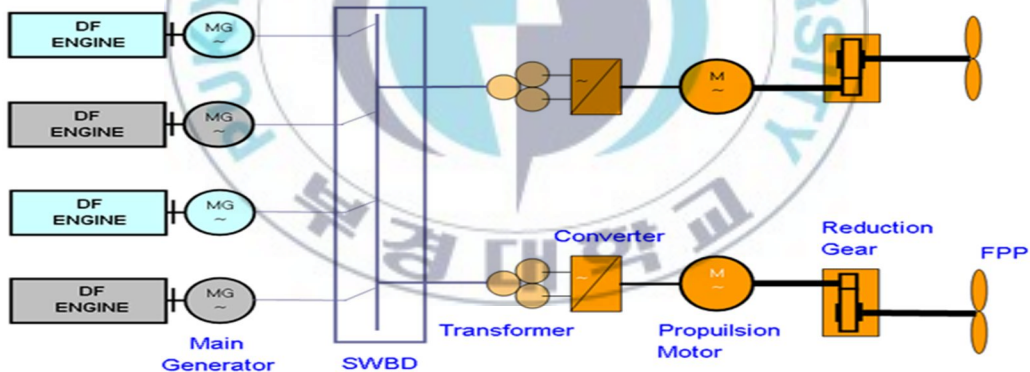


Fuel Supply System 은 기존 HFO (Heavy Fuel Oil) 및 MDO(Marine Diesel Oil) 시스템에서 내연 엔진에 탁월한 연료로 높은 에너지 효율과 낮은 배기가스로 여러 가지 연료의 특성을 가지고 있는 LNG 를 사용하는 방법으로, 선박의 동력원으로 사용되고 있는 MDO 와 LNG 를 자유롭게 혼용하여 사용할 수 있도록 제안된 기술이다. 이에 대표적인 기술이 이중연료 디젤전기 추진시스템 (DFDE : Dual Fuel Diesel Electric) Engine 과 ME-GI(Man Electronic - Gas Injection) Engine 이다.

1) 이중연료 디젤 전기추진 시스템 (DFDE : Dual Fuel Diesel Electric)

DFDE 시스템은 기존 LNG 선의 스팀 추진방식보다 한 단계 진화된 차세대 최첨단 전기 추진방식이며, 이중 연료 디젤-전기(DFDE) 추진 LNG 선은 필요에 따라 MDO 와 가스를 연료로 번갈아 사용할 수 있다. 기존 LNG 선의 추진방식인 스팀터빈과는 달리 대형 여객선, 잠수함과 같은 전기모터를 이용해 뛰어난 연료효율과 순발력, 부드러운 움직임이 특징이다. LNG 화물탱크에서 발생하는 증발증기(BOG : Boil Off Gas) 를 이용하거나, 밸러스트 운항시 와 같이 증발증기의 양이 부족 시에는 강제 증발기(Forcing Vaporizer) 를 이용하여 엔진에 필요한 LNG 가스를 6.5 bar 로 공급한다.

<그림 11>. <이중연료 디젤 전기추진 시스템 (DFDE : Dual Fuel Diesel Electric)>



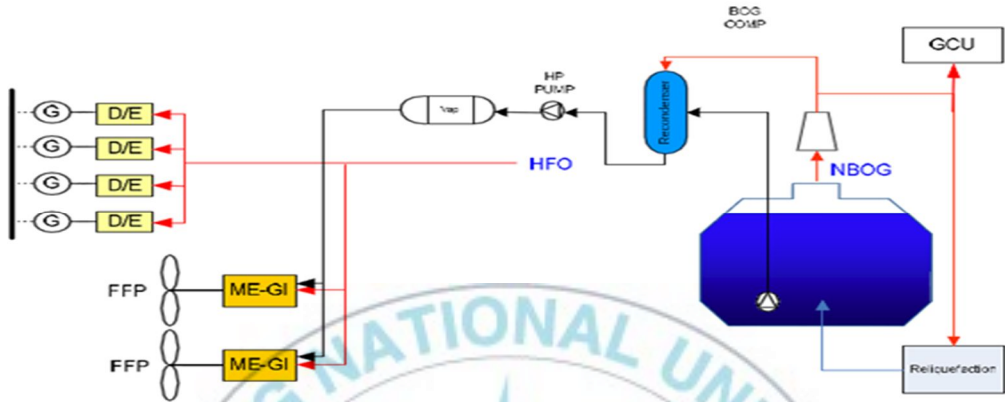
자료 : 대우조선해양 DFDE PPT 자료

2) ME-GI (Man Electronic - Gas Injection) Engine

LNG 운반선으로는 세계 최초로 독일 업체 만(MAN)에서 개발한 에코 디자인(Eco-Design) 개념이 접목된 친환경 천연가스 엔진(ME-GI Engine)과 D 조선해양이 자체 개발한 고압연료 분사 장치(HiVAR)가 장착된다. ME-GI 엔진은 통상의 이중연료 전기추진방식(DFDE)이 적용된 기존 LNG 운반선보다 연료 효율성이 높아 향후 LNG 운반선 시장을 주도할 것으로 업계는 예상하고 있다.

LNG 화물 탱크 내에 LNG Feed Pump 는 High Pressure Pump 가 250~350 Bar 의 LNG 를 ME-GI 엔진에 안정적으로 공급할 수 있도록 Re-condenser 에 LNG 를 공급한다.

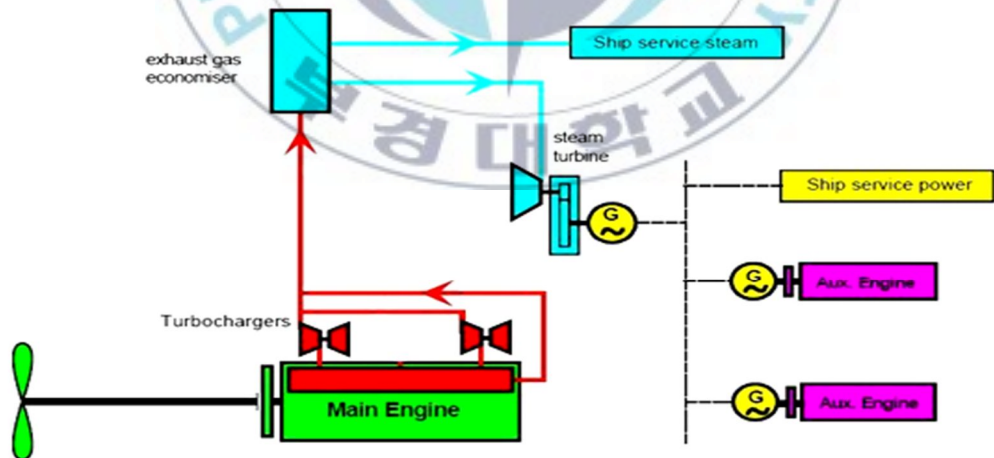
< 그림 12>. <ME-GI(Man Electronic - Gas Injection) Engine>



자료 : 대우조선해양 ME-GI PPT 자료

4. 폐열 회수시스템(Waste Heat Recovery System)

<그림 13>. <폐열 회수시스템 플로우 다이어그램>



자료 : 대우조선해양 PPT 자료

상기 플로우 다이어그램은 폐열 회수시스템의 원리를 보여 주고 있다. 현재 선박에 사용되는 디젤엔진은 열효율이 약 50%에 도달하여, 타 기관인 가스터빈이나 스팀터빈에 비해 월등히 높다. 그러나 선박으로부터 버려지는 폐열은 50% 나 되며, 그 중에서 배기가스로 배출되는 폐열은 25% 에 달한다. 따라서 이 폐열을 전기 에너지로 회수하는 폐열 회수 시스템에 대한 관심이 증대되고 있다.

연료 절감의 목적으로 Main Engine 의 폐기가스 온도가 약 250 C 정도인 것을 이용하여 증기를 발생시키는 장치로서 Main Engine 이 운전되어야만 증기 발생이 가능하므로 항해 중에만 운전된다.

II. 친환경 기술

1. 선박 평형수 처리 시스템⁴⁾

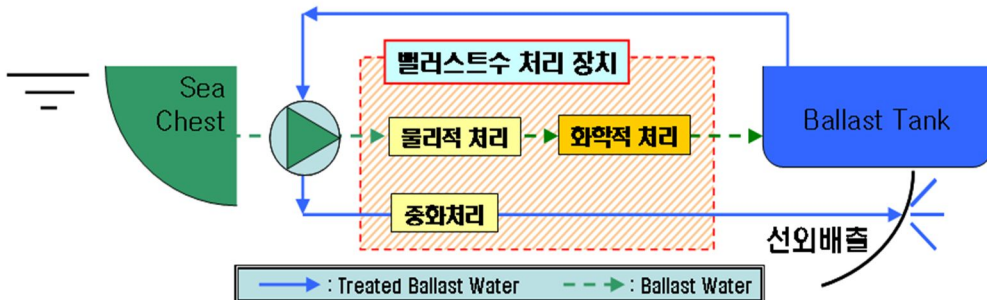
선박의 밸러스트수란 선박의 운항 시 선박항해의 안정성을 유지하기 위해서 싣는 물을 말한다. 전 세계적으로 300 억 톤의 평형수가 사용되고 있으며, 이에 함유된 해양 미생물이 선박을 통해 이동하면서 지역생태계에 많은 영향을 미치고 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 연구 결과를 토대로 IMO 에서는 지난 2004 년 2 월 International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments(BWM Convention) 를 채택하게 되었으나 현재까지 발효기준 (비준 국 30 개국 이상, 세계 선대규모의 35% 이상)을 충족하지 못해 발효되지는 못하고 있다. 그러나 2015 년 경에는 그 효력을 가지게 될 것이다.

선박 밸러스트수 처리장치를 개발하여 상용화하고 선박에 설치하기 위해서는 먼저 IMO 로부터 처리 중 사용되는 활성물질이 해양 환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 활성물질에 대한 승인을 받아야 한다. 활성물질이란 바이러스나 균을 포함하는 물질 또는 유기체로서 유해한 수중유기체 또는 병원균에 대항하거나 혹은 일반적이거나 또는 특정한 작용을 하는 것을 말하는 것이다. IMO 의 활성물질 승인은 기본승인과 최종승인으로 구분되며, 이는 MEPC 의 승인을 득하여야 한다.

IMO 의 기본 승인 및 최종 승인 득한 처리장치는 각국 정부로부터 처리장치의 생물 사멸 능력과 각종 작동 성능 그리고 선박의 적용을 확인하는 형식승인을 받아야 한다. 형식승인을 위해서는 밸러스트수 관리시스템이 형식승인 지침(G8)과 국제협약 D-2 성능기준에 적합한 지를 확인하기 위하여 실험실, 제조공자, 바지선 또는 시험 선을 포함한 시제품 공장에서 실시하는 육상시험을 실시하여야 한다. 또한 밸러스트수 관리시스템이 형식승인 지침과 국제협약 D-2 성능기준에 적합한지를 확인하기 위하여 선상에서 밸러스트수 관리시스템의 최대크기로 실시하는 선상시험을 수행하여야 한다. 그리고 밸러스트수 관리시스템이 선박의 운항 조건에서 적합하게 유지 및 작동되는지 확인하기 위하여 진동, 온도 및 습도, 황천 및 선 황천 및 선박의 경사, 전원 변동 율 및 전기 전자장치의 신뢰성을 시험하는 환경시험을 수행하여야 한다.

1.1 밸러스트수 처리장치의 기본구성

<그림 14>. <밸러스트수 처리장치의 일반적인 처리방법>

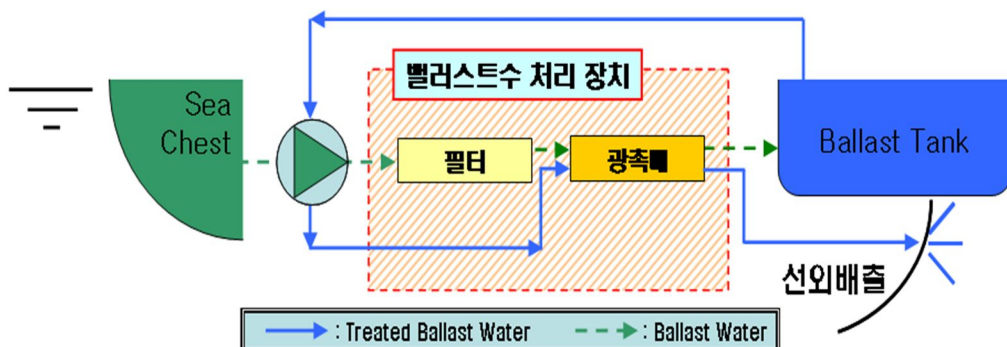


자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

밸러스트수 처리장치의 일반적인 시스템은 그림 14 와 같다. 밸러스트수는 물리적 처리를 위해 필터 등을 거치게 되는데, 통상 $50\ \mu\text{m}$ 이상의 크기의 생물이나 침전물을 걸러낸다. 그 후, 약품 등의 화학적 처리를 통해 세균의 살균처리를 하고 이 처리수를 밸러스트 탱크에 주입한다. 그 후, 선외로 배수하는데 밸러스트수의 재처리나 중화처리가 필요한 시스템의 경우에는 그 처리 후에 선외로 배수하도록 되어 있다. 많은 시스템이 $50\ \mu\text{m}$ 가 넘는 크기의 생물이나 침전물을 걸러내기 위해 필터나 캐비테이션 등의 물리적 처리장치를 시스템에 도입하고 있다. 이를 통해 침전물의 억제에 도움이 될 것이다. 미생물이나 세균 등의 살균 처리는 주로 화학적 방법을 통하여 이루어진다. 그 방법으로는 자외선(UV)를 이용하는 방법, 수중의 산소량을 감소시키는 방법, 오존 등의 살균력이 강한 화학물질을 첨가하는 방법 등이 있다.

1.2 필터+광 촉매를 이용하여 처리하는 방법

<그림 15>. <필터+UV 를 이용하여 처리하는 과정>

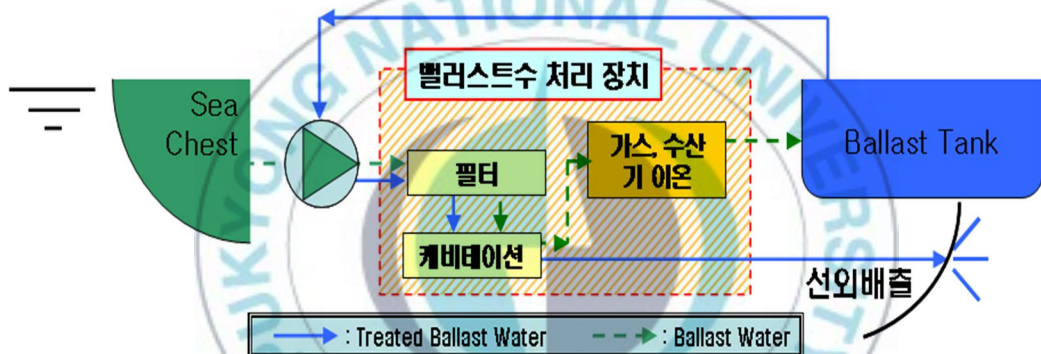


자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

그림 15 는 별도의 화학 약품을 사용하지 않는 장점이 있으며, 처리 방법의 개요이다. 우선 필터를 통해 큰 수중 생물을 제거하고 그 후, 이산화 티타늄에 빛을 쬐면 발생하는 라디칼로 수중 생물과 균류의 살균을 처리한다. 라디칼은 홀전자(unpaired electron)를 가진 원자나 분자이다. 이산화 티타늄은 백색안료나 식품 첨가물, 치약 등의 원료로 사용되고 이산화 광촉매는 특정 파장의 빛을 쬐면 활성 산소나 히드록시 라디칼(OH 라디칼) 등이 발생하고 이 물질은 소독이나 살균 시에 널리 사용되고 있는 염소나 차아염소산, 과산화수소, 오존등 보다 훨씬 강한 산화력을 가지고 있다. 밸러스트수의 배수 시에 밸러스트수 처리장치를 통해 한번 더 처리한다.

1.3 필터+캐비테이션+질소를 이용하여 처리하는 방법

<그림 16>. <필터+캐비테이션+질소를 이용하여 처리하는 과정>

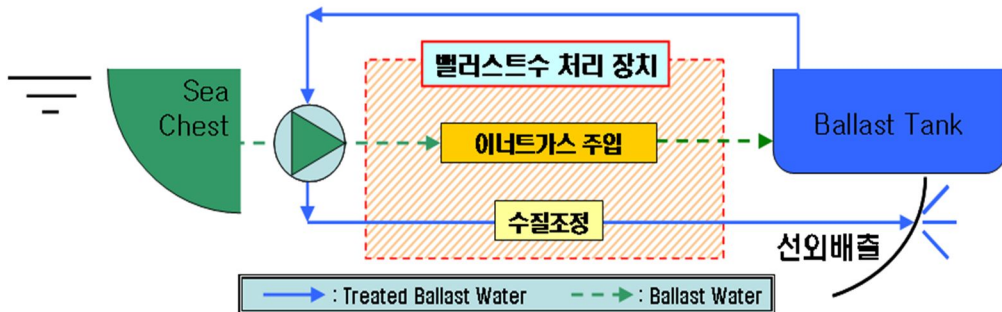


자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

그림 16 은 별도의 화학약품을 사용하지 않으며, 처리방법의 개요를 보여주고 있다. 주입된 밸러스트수는 필터를 통과하여, 50 μm 이상의 큰 수중생물과 침전물을 제거하고 캐비테이션 장치로 살균하여 선내에서 정제한 질소 가스에 전기 분해로 발생시킨 수산화기 이온을 첨가하여 수중 생물과 균류의 살균 처리를 한다.

1.4 이너트 가스를 이용하여 처리하는 방법

<그림 17>. <이너트 가스를 이용하여 처리하는 과정>

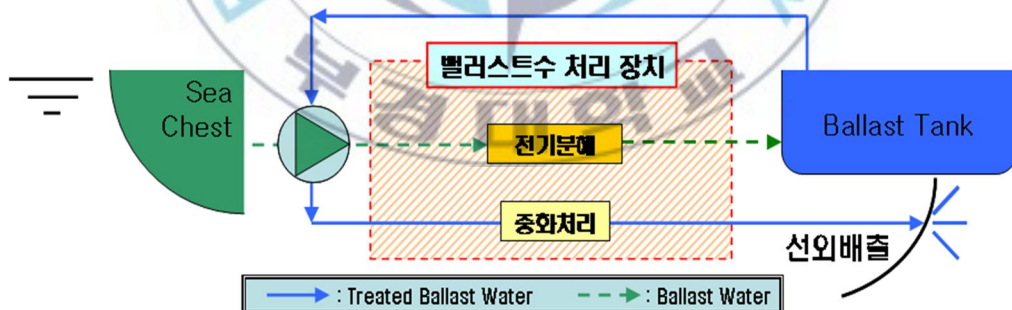


자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

그림 17 은 밸러스트수 주입 시에 벤츄리관을 이용하여 밸러스트수에 불활성가스를 불어 넣고, 밸러스트수 내의 산소 농도를 저하시켜 살균 처리를 한다. 항해 중에도 밸러스트 탱크를 이너팅하여 수중 생물 등의 증식을 방지한다. 이 때문에 밸러스트수의 산소 농도가 낮고 생물이 생식할 수 없기 때문에 배출 시에 대기 중의 공기를 벤츄리관을 통해 불어 넣으며 배출한다.

1.5 전기분해를 이용하여 처리하는 방법

<그림 18>. <전기분해방법을 이용하여 처리하는 과정>

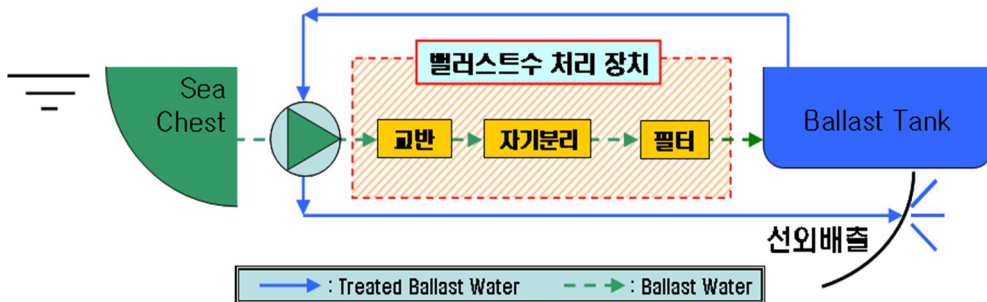


자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

그림 18 은 전해장치로 Hypochlorite(차아염소산나트륨), 라디칼을 통해 세포핵을 파괴하고 산화 환원 전위(ORP)를 통해 세포막을 파괴하여 살균 처리를 한다. 한편, 밸러스트 탱크 내에서의 미생물의 재생을 방지하기 위해, Hypochlorite 를 밸러스트수중에 잔류시켜둔다. 이 때문에 밸러스트수를 배출할 때 잔류되어 있는 Hypochlorite 에 티오황산나트륨을 섞어서 중화된 상태로 배출하도록 한다.

1.6 필터+자기분리를 이용하여 처리하는 방법

<그림 19>. <필터+자기분리 방법을 이용하여 처리하는 과정>

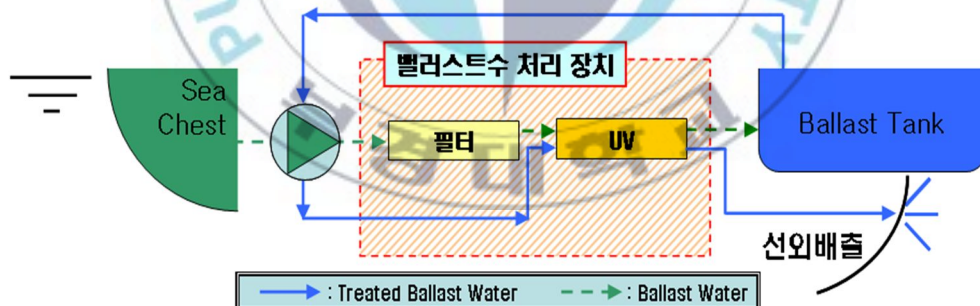


자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

그림 19 는 밸러스트수 주입 시에 밸러스트수에 자성분을 넣어 교반 및 자기 분리시켜 수중 생물이나 미생물, 세균을 처리하는 시스템이다. 살균을 위해 약품을 사용하지 않으며 밸러스트수의 수성 성분도 변화하지 않아 배수 시의 재처리나 중화 처리 등이 불필요하다.

1.7 필터+UV 를 이용하여 처리하는 방법

<그림 20>. <필터+UV 방법을 이용하여 처리하는 과정>



자료 : 밸러스트수 관리시스템의 선박 적용에 대한 지침서, 한국선급

그림 20 은 수중 생물의 살균 처리 시에 외부에서 가져온 화학약품을 사용하지 않고 우선 필터를 통해 큰 수중 생물을 침전물과 함께 제거하고 그 후 자외선을 통해 미생물과 세균 등을 살균한다. 배수 시에 다시 한번 자외선 발생장치에 통과시켜 탱크 내에서 생존한 미생물과 세균 등을 살균한다.

2. 질소 산화물 저감기술

질소 산화물이란, 질소와 화합된 산화물로 NO, NO₂, NO₃, N₂O, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅ 가 존재하며, 대기환경측면에서 문제가 될 만큼 존재하는 것들은 NO 및 NO₂ 이다. 통상적으로 이들 물질을 질소산화물(NO_x)이라 한다. 연소과정에서 발생하는 질소산화물은 연소되는 공기중의 질소에 의하여 고온에서 발생하는 Thermal NO_x, 연료중의 질소에 의해 발생하는 Fuel NO_x 및 연소공기중의 질소와 연소과정 중 발생하는 탄화수소의 화학반응에 의해서 생성되는 Prompt NO_x 등의 생성기구에 의한 것으로 알려져 있다.

질소산화물은 자연계에서 질소순환과정을 통해 생성되기도 하고 다른 물질로 전환되는데 대기중의 N₂ 에 의해 생성되는 NO₂ 는 다시 수화되어 질산이 되고, 또한 질산염으로써 지표에 침강하여 유기물의 성장에 필요한 비료가 된다. 그러나 대기 중에서 자연적 원인에 의한 농도는 저 농도로 문제되지 않으며 식물보다 사람이 피해를 받기 쉽다. NO₂ 는 NO 보다 독성이 5~10 배 정도 강하나 도시 대기 중에 존재하는 정도의 저 농도에서는 폐 기능과 생리반응에 거의 영향을 주지 않지만 고농도에서는 점막을 심하게 자극하고 기도와 폐에 나쁜 영향을 준다. 질소산화물은 자체적으로 독성을 갖고 있을 뿐만 아니라 대기 중에서 산성비를 유발하고, 광화학 반응을 일으켜 2 차 오염물질인 오존과 같은 광화학산화물을 발생시킨다. 선박용 디젤엔진 제작사들은 많은 지역국가와 국제기관의 강화된 유해배기가스 배출제한에 대하여, 능동적으로 대처하기 위하여 세계적인 핵심기술 개발과 경쟁력 확보에 대하여 부단히 노력하고 있으며, 아래와 같은 기술적 요소들이 있다.

질소산화물 배출규제(Regulation 13)는 2000 년 1 월 1 일 이후 건조되거나 개조가 발생한 선박의 디젤엔진 출력이 130kw 이상일 경우에 적용되나 비상용 디젤엔진 및 구명정에 설치된 디젤엔진, 자국 내에서만 운항하는 연안 선박에는 적용되지 않는다. 건조되거나 개조가 발생한 디젤기관은 검사기관으로부터 엔진제조공장에서 기술코드에 따라 검사를 실시한 후 적합하게 제조되었다는 엔진국제대기오염방지증서(Engine International Air Pollution Prevention Certificate : EIAPP)를 발급받아 선박에 보관해야 한다. 그 다음 조선소가 모든 규제물질에 적합하게 선박을 건조했다는 증서인 IAPP(유효기간은 5 년)를 받아 유효기간 동안 의무적으로 1 회 이상 중간 검사와 주기적인 검사를 실시해야 한다. 선박엔진으로부터 NO_x 를 감소시키기 위한 배출허용기준은 현재 배출수준인 Tier I, 현재보다 NO_x 를 15~22%, 80%를 각각 감소시키는 Tier II, Tier III가 있다. 선박건조시기 및 해역 위치에 따른 질소산화물 규제내용은 Tier I, II, III로 구분되는데, 배출통제해역(Emission Control Area : ECA)에서는 Tier III의 규제를 받고, 일반해역에서는 Tier II의 규제를 받는다. 이러한 배출허용기준을 만족하지 못하는 선박용 디젤엔진은 사용할 수 없게 된다. 그리고 주 관청의 승인을 받은 NO_x 의 배출조건을 만족시키는 후처리 장치(Selective Catalytic Reduction : SCR, 선택적 촉매 환원장치) 등을 선박에 탑재하여 배출통제해역 운항 시 작동시켜 Tier III의 기준을 만족시켜야 한다.

2.1. 선택적 촉매환원법(SCR : Selective Catalytic Reduction)

그림 21의 SCR 공정은 선택적 촉매환원법으로 NOx에 대해 환원제(NH3 또는 Urea 등)를 배기가스 중에 주입, 혼합하여 이 혼합가스를 200~400℃ 온도 하에서 운전되는 반응기 상부로부터 촉매 층을 통과시킴으로써 NOx를 환원하여 인체에 무해한 질소(N2)와 물(H2O)로 분해하는 공정이다. 이 공정은 환원제가 산소보다는 우선적으로 NOx와 반응하는 선택적 환원 방식이며 촉매는 보통 티타늄과 바나듐 산화물의 혼합물을 사용한다. 촉매는 화학적, 물리적 변화에 대한 내구성이 강하고 기체-고체와의 접촉을 위해 높은 표면적을 갖고 있어야 하며 최대의 Activity(활성)와 Selectivity(선택성)를 띤 재질들이 잘 분산되어 있어야 한다.

이 공정에 의한 NOx 제어효율은 촉매의 유형, 주입 암모니아의 량, 초기 NOx 농도 및 촉매의 수명에 따라 차이는 있지만, 최적 운전 조건에서 80~90%의 효율성을 갖고 있다. 주로 소각로, 증유 및 석탄화력 등의 고정원에 많이 적용되고 있으며 부산물의 발생이 없고, 기기의 구성 또한 촉매층 반응기를 설치해 환원제를 주입하는 비교적 단순 공정이기 때문에 대용량의 배기가스 처리에도 적합하여 일반적으로 발전용 보일러의 배연 탈질 장치로서 많이 사용되고 있다.

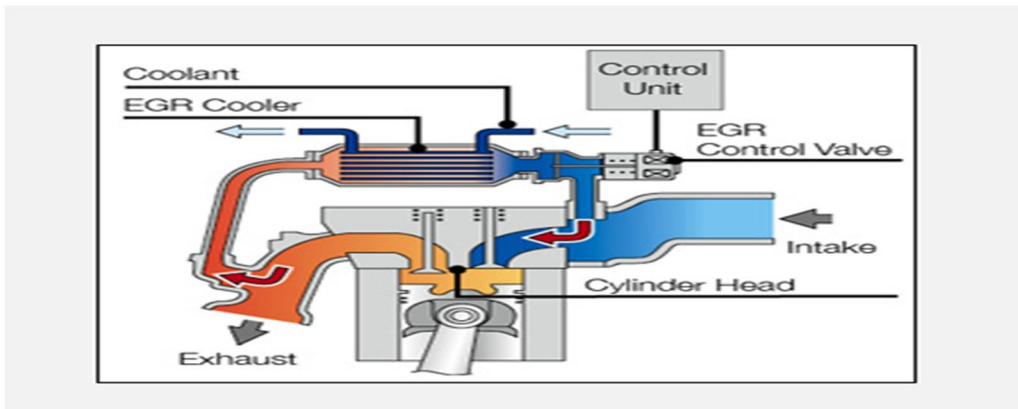


자료 : www.tognum.com

2.2. 배기가스 재순환(EGR : Exhaust Gas Recirculation)

그림 22의 EGR(Exhaust Gas Recirculation)은 NOx 저감을 위한 효과적인 방법의 하나로, 가솔린 엔진에서는 이미 실용화되어 사용되고 있다. 배기가스의 CO2나 H2O 등과 같은 불활성가스가 흡기의 일부와 치환되어 혼합됨으로써 혼합기의 열용량이 증대되어 실린더 내 연소가스 온도상승을 억제하며 또한 공기 과잉을 낮추어 thermal NOx 생성을 억제함으로써 전체의 NOx 발생량을 줄이는 원리이다. 또한 흡기의 일부가 산소농도가 낮은 배기가스로 치환되므로 연소실내 산소가 감소하기 때문에 NOx의 생성이 억제된다.

<그림 22>. <배기가스 재순환(EGR : Exhaust Gas Recirculation)>



자료 : Hitachi Construction machinery (www.hitachi-m-c.com)

2.3. 연료 공급 system 개선

디젤엔진의 유해 배기 물로는 NO_x, CO, THC, PM 등이 있으나 CO, THC 는 가솔린 엔진에 비해 상대적으로 낮게 배출되며, 주로 배기가스 문제로 중요하게 취급되는 것은 NO_x 와 PM 이다. 그러나, NO_x 와 PM 을 한가지 방법으로 동시에 저감하는 것은 어려우며 일반적으로 상반관계(trade-off)가 있다. 연료분사시기를 지연하여 NO_x 를 감소시키면 PM 이 증가하고, 분사시기를 빨리 하여 PM 을 감소시키면 NO_x 가 증가한다. 이런 이유로 다양한 방법을 동시에 적용하여 NO_x 와 PM 을 저감하고 있으며, 연료분사시스템에서는 분사압력의 고압화, 분사압력제어, 분사율 제어, 전자 제어기술, 분부 미립화 기술 등이 개발되고 있으며, 연료의 저유황화도 중요 하다. PM 과 NO_x 를 저감하기 위한 디젤엔진 연료분사시스템에서의 접근 방향은 연료 분사압력의 고압화, 분사압력의 최적제어, 분사율 제어, 분사시기 제어 기술이 주로 사용되고 있다.

2.3.1. 고압연료 분사

일반적으로 연료 분사 압력을 증가 시키면 노즐에서 분사되는 연료 입자의 미립화가 촉진되고 증발 율이 증가하여 연료와 공기 의 혼합을 향상시켜, 연소가 개선되면, 확산 연소율이 급속해져 PM 과 매연이 감소된다. 또한 연소 말기의 잔류 미연소 연료량을 줄임으로써 연료 소비도 감소시킨다. 여기에 추가로 분사시기를 지연시키면, NO_x 를 동시에 감소시킬 수 있다.

2.3.2. 분사율 제어

분사압력이 높아짐에 따라 분사시기부터 연소가 시작되는 점화 지연시간 동안의 연료 분사량이 증가하여 급속연소 기간에 폭발 연소가 발생하여 연소압력이 높아지며 연소온도도 증가하여 NO_x 와 소음이 증가 한다. 이를 막기 위하여 분사시기를 지연 시키면 연비 악화와 PM 의 증가가 동반되기 때문에 한계가 있다. 이를 방지하기 위해서, 분사율 형상을 바꿈으로써 분사율을 제어한다, 초기 분사율 증가를 완화하여 점진적으로 증가 시키는 델타분사율 형상, 착화 전에 미소한 연료를 우선 분사하는 파일롯 분사 등이 있다. 분사 종료에 필요한 고압연료를 분사한 후에 급속하게 종료하는 급속종료를 구현하면 HC, 스모그, 연비개선을 도모하고 있다.

2.3.3. 전자제어

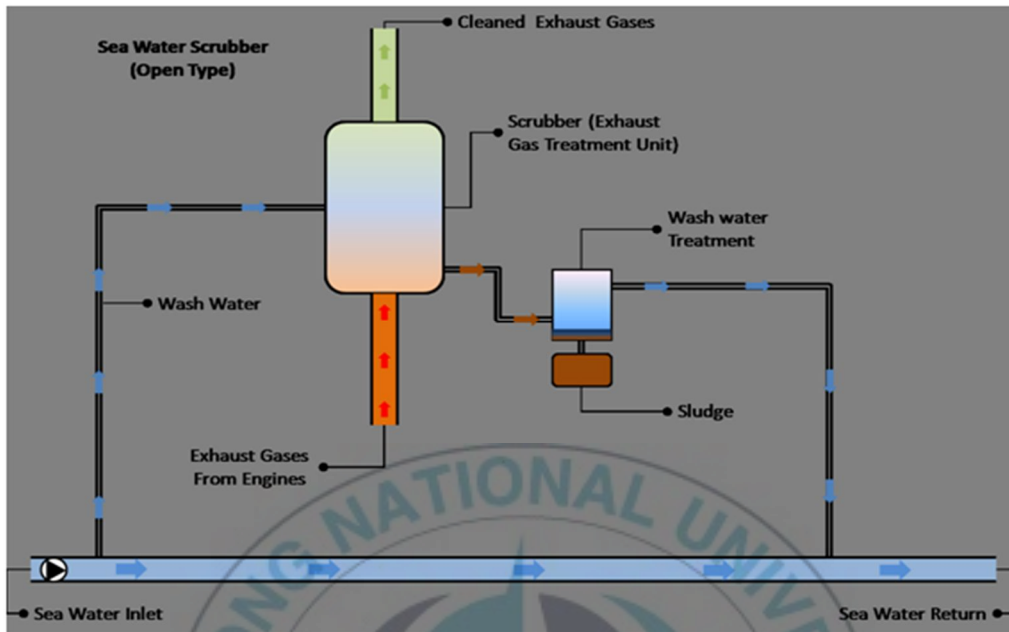
분사장치에서 연료 분사량과 분사 시기의 제어는 고압화와 함께 필수적인 요구 특성이 되었으며, 기존의 기계적 방식에 의한 제어는 한계가 있어 전자 제어가 사용 되고 있다. 전자 제어가 적용됨에 따라 제어의 자유도가 크게 확장 되고 있다. 예를 들면 엔진 회전 속도, 부하, 온도, 대기압, 등의 조건을 고려한 최적의 분사시기를 MAP 에 저장하여 제어할 수 있고, 가속, 감속 시 와 같은 분사량 변동에도 분사량 MAP 제어에 따라, 응답속도를 향상시킬 수 있다.

3. 황산화물(Sox) 저감기술

자연에 존재하는 석탄과 oil 류는 모두 0.1~0.5% 이상의 유황을 함유하며 이들 연료가 연소할 때 SO₂ 의 SO₃ 발생 율은 40~80 : 1 로 생성되며 따라서 SO_x 로 표시되는 황산화물에는 아황산가스(SO₂), 삼산화황(SO₃), 아황산(H₂SO₃), 황산(H₂SO₄), 그리고 황산동(CuSO₄), 황산칼슘(CaSO₄), 황산마그네슘(MgSO₄) 등의 황산염 등이 포함되나 배기가스 내에서는 주로 아황산가스, 삼산화황 형태가 주를 이루며 그 중에 아황산가스가 대부분이므로 배기가스 실측에 있어서는 아황산가스를 주로 하고 있다.

대기오염측면에서는 광화학반응이나 촉매반응에 의하여 다른 오염물질과 반응하여 삼산화황, 황산, 기타 황산염 등의 2 차 오염물질을 형성하며 대기의 습도가 높을 때는 물과 반응하여 아황산이나 황산방울 등의 aerosol 을 생성시켜 시야의 감소와 빛의 분산, 및 재료의 부식, 식물 및 인간과 동물 등에까지 영향을 미치게 된다.

<그림 23>. <Scrubber 내에서 배기가스를 세척하는 SYSTEM>



자료 : www.shippedia.com

연료유 중에 유황 성분은 연소한 다음 아황산가스로 되고 그 중 일부는 무소황산으로 되어 수분과 화합하며, 황산이 되어 실린더 라이너, 피스톤링등의 부식마모를 일으킬 뿐만 아니라, 대기 중으로 방출되는 SO₂ 도 매우 심각한 대기오염원이 되므로 유황분은 되도록 적어야 한다. SO_x 는 연료유 중에 포함된 황성분이 연소과정을 거치면서 Sox 를 형성하는데 주로 So₂(93%) 와 So₃(7%) 로 생성된다. 디젤엔진의 SO_x 배출은 연료유의 유황 함유량을 낮추거나 배기가스 탈황기술을 사용함으로써 억제 할 수 있는데, 저 유황 유는 고가이기 때문에, 선박에서는 그림 22 에서와 같이 스크러버(Scrubber) 내에서 배기가스를 해수 세척하는 방법이 사용된다. 이 방법은 SO_x 감소는 물론 NO_x 또한 10~20% 정도 감소되며, 세척수에 의한 바다의 오염은 거의 없는 것으로 보여진다.

<그림 24>. < Scrubber 를 장착하는 모습>



자료 : Green Ship of The Future (www.greenship.org)

제 4 장 : 국외 GREEN SHIP 정책 및 국내 GREEN SHIP 특허분석

I. 국외의 GREEN SHIP 정책¹⁾

1. 일본

1997 년 교토의정서 체결 이후 일본 정부는 IMO 등 국제사회에서 적극적인 활동을 벌여왔다. 기본적으로는 IMO 협약 등의 국제적 규제에 적극 동참하였으며, 오염물질 배출저감을 위한 친환경 해운정책을 실시해 왔다. 이러한 일본의 친환경 해운정책은 크게 2 가지 기조로 나눌 수 있으며, 모달시프트 촉진 정책과 친환경 선박의 이용 촉진 정책이다.

일본은 섬나라라는 지리적 특징 때문에 도로수송을 전환하는 모달시프트에 힘쓰고 있으며, 이를 위해 모달시프트 선박의 건조를 촉진한다거나 인프라의 정비, 규제의 정비, 보조금 지급 등의 정책을 실시하고 있다. 모달시프트 선박의 건조를 촉진하기 위해 철도운수기구는 공유 건조 제도를 마련하였다. 또한 국내여객선사업의 수급 조정 규제를 폐지하여 면허제를 허가제로 변경하고 항만운수사업자의 사업 면허제를 허가제로, 요금 인가제를 신고제로 개정함으로써 연안운송업으로의 진입을 용이하게 하고 있다. 그 밖에 연안선원의 확보·육성, 안전대책을 추진하여 연안해운의 지속 가능한 사업구조 형성을 위한 정책도 추진하고 있다. 그 밖에 선박관리회사를 활용하여 중소영세 연안운송 사업자의 그룹화를 촉진하거나 선형·선박기기의 표준화 추진, 중소조선업자 등에 대한 연안운항 효율화 등 신기술 실용화 촉진 사업 등도 실시하고 있다. 또한 그린 물류

파트너십 회의와 같이 민관이 합작하여 모달시프트 등 오염물질 저감을 위한 화주와 운송사의 활동에 재정적 지원을 해주는 프로그램도 있다.

국토교통성은 2009 년부터 4 개년 계획으로 재래선박에 대해 CO2 배출을 30% 저감하는 기술 확립을 목표로 한 기술개발을 보조하는 사업인 ‘선박에서의 CO2 저감기술개발 지원사업’ 을 개시하였다. CO2 배출저감에 관한 민간의 기술개발에 대한 지원으로 개발비의 약 1/3 정도를 보조한다. 2009 년에 민간기업에서 28 건의 응모가 있었으며, 대학이나 연구소의 전문가로 구성된 마린 이노베이션 검토회 평가부회에서 지원 대상에 적합한 것으로 24 건을 선정하고 이 중 15 건에 대해 1 차 보조금 지급을 결정하였다. 평가 방식은 CO2 저감효과, 계획의 실시체제, 실시계획의 실효성, 실용화·보급 가능성, 사회적 공헌과 종합평가로 이루어진다. 1 차 보조금 지급 개발안건은 ‘저항이 적고 추진효율이 높은 선형의 개발’ 관련이 4 건, ‘선체 마찰저항의 저감기술개발’ 관련이 2 건, ‘프로펠러 효율 향상’ 관련이 2 건, ‘디젤기관의 효율향상과 발열 회수’ 관련이 3 건, ‘운항의 효율화’ 관련이 4 건 이었다.

그 밖에 현존선박 대책에 해당되는 엔진의 연소개선기술, 신조선 대책에 해당되는 배출가스 후처리 장치, 기관실 내 각종 기기의 모듈화를 통한 효율적 배치에 의한 에너지 및 공간 절약 기술 등 NOx 저감 기술의 실용화를 목표로 기술개발에도 힘쓰고 있다. 일본에서 개발 하고 있는 슈퍼에코십(Super Eco-Ship : SES)은 환경부담 저감 및 운영 효율화에 도움이 되는 선박으로 전기추진시스템 등을 채용하여 적은 연료로 더 많은 출력을 내는 고효율 에너지 기관을 탑재한 차세대 연안 선박을 말한다. 기존의 재래식 엔진 대신에 전기추진시스템을 결합한 엔진을 사용함으로써 선박 후미에 위치하는 기관실을 대폭 축소하여 적재공간을 넓히고, 연료 효율의 제고와 이산화탄소 등의 배출가스를 저감하는 것이 주요 개념이라 할 수 있다.

<그림 25>. <슈퍼에코십의 개념도>



자료 : 일본해상기술안전연구소(NMRI)

그림 25의 수퍼에코쉽의 주요 특징은, 전기추진 시스템의 도입으로 항해의 안정성이 높아지며, 기관부의 보수정비가 쉬어지며, 새로운 선행의 도입으로 인해 항해 시에 저항이 감소하고, 연비성능 개선 및 추진효율 향상되고, 적재 공간 증대가 예상된다. 또한, 이중반전포드프로펠러 도입으로 선박 조정성능이 향상되고, 인력사용 절감 지원 시스템을 도입하여 항해, 하역 등의 작업의 부하가 줄어든다. 국토교통성은 해상기술안전연구소에 위탁하여 2001년에서 2006년까지 6년 간 연구개발을 실시하였다.

일본의 정책은 규제보다는 자발적 참여와 기술개발에 중점을 두고 있다고 할 수 있다. 국가가 주도하여 친환경 선박 기술의 개발에도 힘쓰고 있으나, 기업이 자체적으로도 관련 기술을 개발하고 있다. 일본의 선사들은 친환경 기술을 협약에 의한 대응을 넘어서 비용절감을 통한 경쟁력강화의 기회로 삼고 있다. 기술개발을 통해 선박에 관련 기술을 적용하는 사례가 늘 것으로 보이며, 신기술 적용에 따라 신조선 선박의 가격은 당분간은 상승할 것으로 보이지만, 친환경 기술이 적용된 신조선에 의한 비용절감 효과가 실질적으로 나타나게 되면 기존의 중고선은 상대적으로 높은 운영비용과 신기술 적용에 대한 부담으로 거래가 감소하고 가격은 하락할 가능성이 있다. 선박의 운항에 있어서는 감속운행이 더욱 확대될 것으로 보이며, 특별한 규제에 의한 것이라기보다는 배출가스에 대한 부담과 운영비 절감을 위한 자발적인 행동이 될 것이다.

2. 중국

해운부문에 있어 중국의 선대규모는 세계 4위이다. 중국 해운부문은 온실가스 배출을 효과적으로 억제하고 일정량의 감축을 위해 여러 조치를 취했으며, 다양한 측면에서 서로 협력하며 업무를 추진하고 있다. 관련 국제 협약, 규칙, 체제 등에 대해 심도 있게 연구하고, 적절한 시기에 관련 국내 법률·법규를 제정했다. 또한 기술 및 관리·운영상의 조치에 대한 연구를 강화해 국제사회와 기술 및 경험을 교환하며 필요한 노하우를 축적하고 있다. 중국은 각 해운기업의 발전 상황에 따라 적절한 시장 메커니즘을 구축해 온실가스 배출 감축과 해운산업의 양적 발전을 동시에 촉진하고 있다.

온실가스 감축규정의 시행은 중국해운업에 큰 타격을 줄 수도 있지만 새로운 도전이기도 하다. 중국 해운업의 선두주자인 COSCO 그룹은 ‘초급 감속’ 캠페인을 펼치고 있다. ‘초급 감속’은 선박 속도를 줄이는 것이다. COSCO 그룹 산하의 컨테이너 운송기업인 COSCON 사는 일부 선박협회와 협력하여 10여 척의 선박에 감속 테스트를 진행했으며 선박의 항해속도를 24 knot에서 18 knot로 줄임으로써, 연료비와 이산화탄소 배출을 줄이고 있다. 이와 같은 선박의 감속 운항을 통해 COSCO 그룹은 1년에 18만 톤 연료유를 절약할 수 있으며 54만 톤에 해당하는 이산화탄소 배출을 감소할 수 있다고 한다.

감속 외에 COSCO 그룹은 항로의 합리적인 설계, 부두 접안시간단축, 기항거점의 최적화를 선택하는 등 다양한 방법을 모색하고 있다. 기술적인 방법으로는 선박 주기관 실린더 개량, 전자 제어식 실린더 주유기 기름 공급시스템,

선박 주기관에 연료 균형기 설치, 에너지절약형 연료 첨가제 선택, 선박 저항력 감소 페인트 선택 등 방법이 포함된다.

선박해체부문의 경우에는, 중국의 실제 상황에 따라 선박재활용협약 시행 계획을 제정할 것이며, 선박 해체 업의 관련 법규와 세부 규칙의 수정 및 개선을 통해 선박해체 작업의 안전과 오염방지에 대한 해사관리기관 감독의 권한과 지위를 명시할 예정이다. 근본적으로 선박해체산업이 환경에 미치는 영향을 줄이고 관련조선업의 법규를 개선해 나갈 것으로 보인다.

3. 덴마크

덴마크는 기업과 기술연구소가 주축이 되어 녹색선박을 연구하는 ‘Green Ship of the Future’ 라고 불리는 프로젝트를 진행하고 있다. 해운산업에서 친환경적 해운에 대응할 목적으로 덴마크의 해운.조선 관련 대표적 기업인 알보그 산업(Aalborg Industries), 머스크(A.P. Moller-Masersk), 만디젤(MAN Diesel), 오펜세 조선소 등 4 개 기업이 주축이 되어 프로젝트를 시작하였다. 본 프로젝트는 신조선과 현존선을 대상으로 CO2 배출량 30% 절감, SOx 와 NOx 배출량 각각 90%씩 절감을 목표로 하고 있다.

Green ship of the Future 참여주체들은 2009 년 오염물질 배출저감 선박개념 연구를 공동수행 하는 데 합의하였으며, 본 개념연구의 목적은 신조선 건조 시 채택 가능한 여러 가지 오염물질 저감방안을 전반적으로 검토하고 각 하위프로젝트 성과물의 효과를 종합적으로 검토하는 데 있다. 개념연구에는 NOx 와 SOx 배출 규정과 EEDI 의 CO2 저감 목표 성취와 Green Ship of the Future 하위 프로젝트들의 감축목표를 전반적으로 점검하기 위한 목적이 있다. 오염물질 배출저감 선박의 주요 기술은 프로펠러 구조개선, Speed Nozzle, 배기가스 재순환 시스템(EGR), LNG 보조엔진, 선체 페인트, 폐열회수시스템, Water in Fuel system(WIF), 배기가스 세정장치, 펌프 및 냉각수 최적화 등 9 가지이다

머스크는 현재 질소산화물을 획기적으로 낮추는 엔진을 개발 중에 있으며, 냉동컨테이너 제작 시 고효율 친환경 냉각장치의 설비로 일정 수준이상의 온실가스 저감효과를 구현하고 있다. 선박에서 발생하는 배기가스를 육상에서 재사용할 수 있도록 하는 가스 압축시설을 선박에 구비하고 있는 것 역시 주목할 만한 점이다. 위에 언급한 친환경 선박기술의 도입으로 머스크는 운영 효율성을 23% 증대시켰다.

또한 머스크는 Clean Cargo Working Group(CCWG) 에 참여한 회원사들과 온실가스 배출저감 등 환경친화적 물류의 방법에 대해 토론하고 있다. CCWG 는 컨테이너선 뿐 아니라 나이키, 코카콜라, 월마트, 스타벅스 같은 화주와 생산자 등의 회원 사로 구성되어있다, CCWG 의 목표는 환경 친화적이며 사회적 책임을 가진 기업원칙 적립에 있다.

머스크는 선박운항 효율성과 환경 유해물질 저감을 염두에 둔 선박디자인, 장비 등을 머스크 선박에 선도적으로 도입하여 친환경 해운에 대비하고 있다. 이외에 평형수 협약, 재활용협약 등 IMO 협약에 미리 대응하여 선박관리 계획 및 하드웨어, 선박 관리 기준 등을 설정하고 있다. 또한 저속운항을 통해 유해물질 배출 감축과 에너지효율 증대를 실현시키고 있다. 이와 같은 머스크의 친환경에 대한 대응은 다른

선사들의 벤치마킹대상으로 선박 관련 녹색 기술개발과 운항에 영향을 미칠 것으로 본다. 머스크의 선박 발주 항목과 이를 벤치마킹 하는 다른 선사들의 움직임에 따라 녹색해운 조건을 충족시키지 못하는 선박의 용선이나 거래가 어려워지는 등 해운 거래에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.

<표 10>. <오염물질 배출저감 선박의 기술>

주요기술	효과
① 프로펠러 및 러더 구조개선	약 4%의 연료 절감 가능
② Speed Nozzle	저속 선박 견인력 증진 Speed Nozzle 은 약 5%의 연료절감 효과
③ 배기가스 세정장치	SOx 배출량 98%까지 저감 기타 유해물질 약 80% 저감
④ LNG 보조엔진	디젤보조엔진을 LNG 보조엔진으로 전환 시 CO2 20%, NOx 약 35%, SOx 100% 저감
⑤ 선체 페인트	수중 마찰 기능의 anti-fouling paint 로 연료 3~8% 저감 가능
⑥ 폐열회수시스템	1 주엔진 배기가스의 열을 증기화하여 선실, 화물칸, 연료를 가열함. 연료 7~14% 저감
⑦ Water in Fuel System	실린더 liner 의 온도를 낮춤으로 NOx 30~35% 저감
⑧ 배기가스 재순환 system	1 배기가스를 재순환시켜 실린더 liner 의 온도를 낮춤으로 NOx 80%까지 저감
⑨ 펌프 및 냉각수 시스템 최적화	최적화된 냉각수 시스템 채택으로 전기 발전 에너지 20% 절감 및 연료 1.5% 절감 최적화된 펌프 사용으로 펌프 추진력의 약 90% 절약가능

자료 : 녹색해운 전망과 전략

<그림 26>. <오염물질 배출저감 선박의 기술>



자료 : Green Ship of The Future (www.greenship.org)

4. 미국

미국은 전 세계적인 친환경 해운정책 참여에는 EU 나 일본에 비해 상대적으로 소극적이거나 자국 내의 문제와 관련해서는 적극적이라 할 수 있다. 이는 MARPOL 부속서 I의 이중선체 의무화 문제나 부속서 VI의 ECA에 북미연안을 추가시킨 것을 보면 잘 알 수 있다. 또한 미국의 녹색해운정책은 연방정부차원의 규제보다는 지방정부차원 특히 캘리포니아 주를 중심으로 한 서부지역 지방정부의 규제나 실행이 더 강력한 편이다.

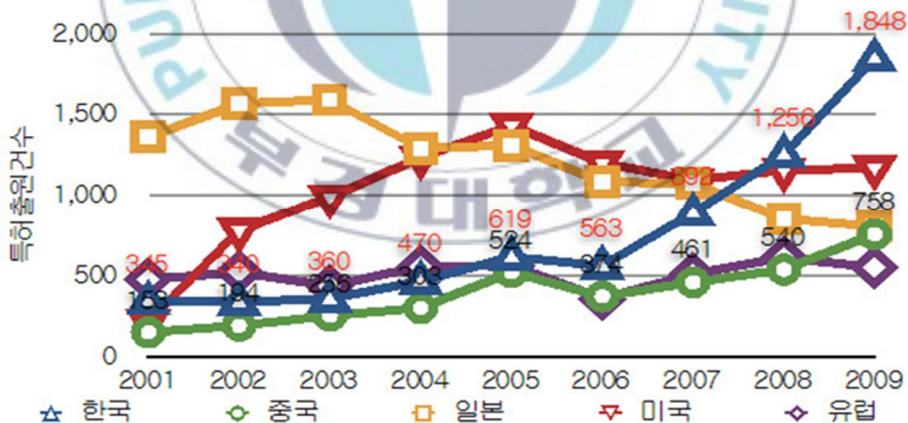
미국의 국제항해 선박에 대한 대기가스(황산화물과 질소산화물) 배출 규제는 MARPOL 부속서 VI와 배출통제지역(Emission Control Area)을 통해 주로 이루어진다. 미국국적 선박의 보조엔진(Auxiliary Engine)은 연방 환경보호국(EPA)의 실린더 별 배기량 30 리터 이상의 해상 디젤엔진에 대한표준(marine diesel engine standards for engines with per-cylinder displacement 30 liters per cylinder)에 따른다. 2009년 12월 연방 환경보호국은

청정 대기법(Clean Air Act)하에서 미국적 선박에 장착된 실린더 별 배기량 30 리터 이상의 해상엔진(Category 3 해상엔진(Marine Engine))에 대한 최종 배출 표준을 발표하였다. 이 새로운 표준은 MARPOL 부속서 VI 개정안과 동일하다. 이 배출 표준은 2 단계로 적용되는데, 2011 년 초에 적용될 신조선 엔진에 대한 단기 표준과, 2016 년에 적용될 질소산화물 80% 저감을 필요로 하는 장기 표준이 그것이다. 연방 환경보호국은 또한 Category 3 해상엔진에 사용되는 황 함유 1,000ppm 이상의 디젤 생산과 판매를 허가하는 디젤 연료유 프로그램을 변경하여, 선박 운영자가 배출저감을 달성하지 못하는 경우 대부분의 미국 영해에서 선박엔진의 생산과 판매를 규제하였다.

5. 주요 국가별 조선분야 특허출원 현황

2001 년부터 2009 년까지, 주요국가별 조선분야 특허출원 조사에 따르면, 일본은 2003 년을 정점으로 특허출원이 점차 감소하고 있으며, 우리나라와 중국은 2006 년을 기점으로 증가 추세에 있다. 우리나라의 특허출원은 2009 년 1,848 건으로 2006 년부터 급격히 증가하여, 중국의 758 건 보다 월등히 많아 약 2.5 배 수준이다. 이러한 이유는 국내 조선사들이 직원들에게 특허 직무발명제도에 대한 보상제도를 높인 것이 주된 이유로 분석된다.

<그림 27>. <주요국가별 조선분야 특허출원 현황비교>



자료 : 특허청

II. 국내의 GREEN SHIP 특허분석

1. 조선해양 기술분야 특허출원 분석

표 11 은 Green Ship 동향 분석을 위하여 국내 대형조선 3 사의 공개특허 전체를 대상으로 검색범위를 정하여, 총 대상건수 중 Green Ship Technology 878 건을 선별하여 최종 분석 데이터를 구축하였다. 분석 데이터 878 건을 다시 에너지절감 기술 346 건, 친환경기술 470 으로 최종 확정하여 Green Ship Technology 연도별 특허 출원동향, 에너지절감기술 특허출원동향, 친환경기술 특허출원 동향 등을 분석하였다.

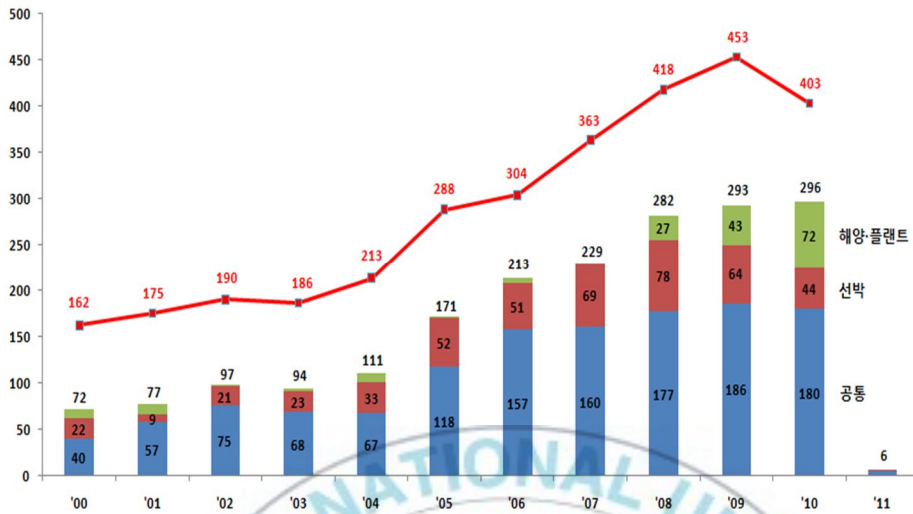
<표 11>. <특허검색 대상 및 기준>

기업	분석기간	정보검색	대상특허(건)	Green Ship Technology (건)
D 사	1980. 1 ~ 2011.12	WIPS	4,060	317
S 사			3,161	339
H 사			5,000	222
합계			12,221	878

자료: 대우조선해양

그림 28 은 초기 검색된 특허 12,221 건 중 전체 기술분류체계표 기준에 따라 분류된 조선해양 기술분야 특허 3,155 건에 대한 선박, 해양플랜트, 공통기술로 분류한 연도별 출원건수를 나타내는 그림으로, 총 출원건수는 2005 년 이후부터 뚜렷한 증가세를 보이고 있으며, 선박 수주가 현저히 감소세를 보인 2008 년부터 해양플랜트 관련기술의 출원이 증가세를 보이며 기술개발이 선박에서 해양으로 이동되는 것을 알 수 있었다. 또한, 환경오염에 대한 관심증가로 공통기술이 증가하는 경향을 보이고 있다.

<그림 28>. <조선해양산업 연도별 특허출원 분석>



자료: 대우조선해양

2. Green Ship Technology 특허출원 분석

그림 29 는 에너지절감 및 친환경기술의 연도별 출원건수를 나타내는 그림으로, 2008 년 국제적인 규제가 시작되는 시점부터 출원이 활발하게 이루어졌으며, 최근에도 급격한 증가를 보여주고 있다.

<그림 29>. <Green Ship Technology 연도별 특허출원 분석>



자료: 대우조선해양

3. 에너지절감 기술 특허분석

그림 30 은 에너지절감 관련 세부 기술 분야별로 구분하여 정리한 그림으로, 총 346 건이 출원되었으며, 가장 많은 특허가 출원된 기술 분야는 추진항상 부가물 분야로서 모두 99 건이 출원되어 전체의 29%에 해당하였으며, 그 다음으로 많은 특허가 출원된 분야는 저항/저감기술로 73 건(21%)이 검색되었다.

<그림 30>. <에너지절감 세부기술 분포도>

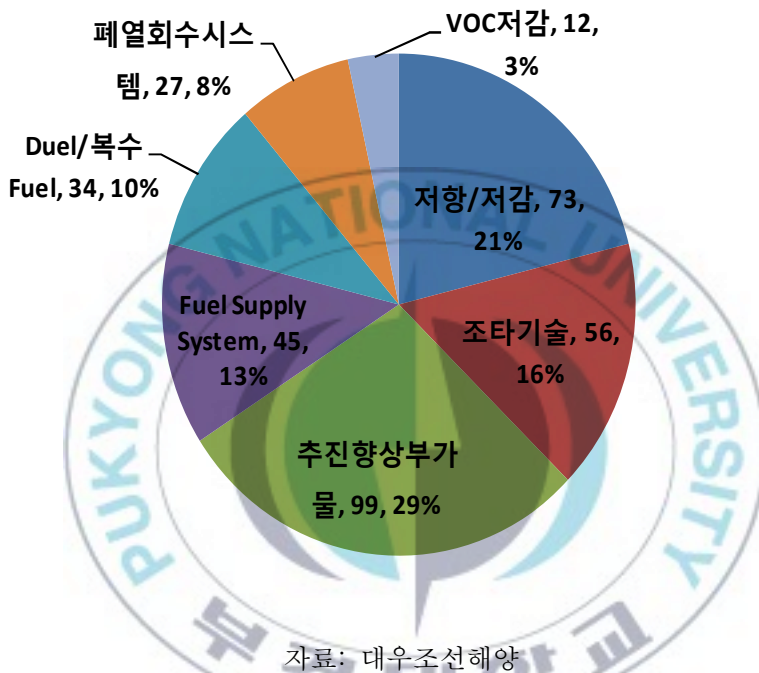
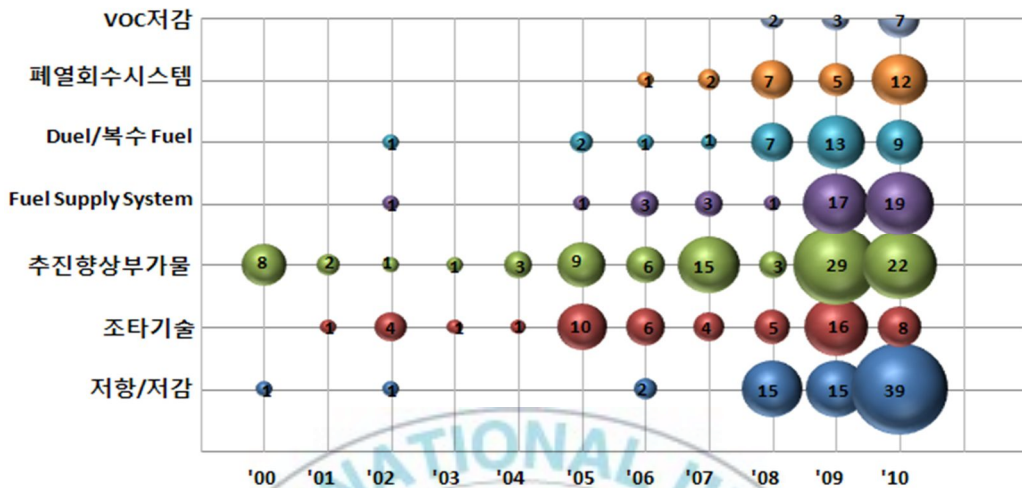


그림 31 은 에너지 절감 관련 세부 기술 분야의 연도별 출원건수를 나타내는 그림으로, 선박의 운항 중 연료 절감 및 추진효율 향상을 위한 저항/저감 기술 및 조타기술 분야에서 많은 출원이 되고 있으며, 환경오염방지를 위한 새로운 연료 적용을 위한 FGS(Fuel Gas Supply System)기술은 최근 2~3 년 내 큰 증가를 보여주고 있다.

특히, 가장 많은 출원을 차지하고 있는 추진항상 부가물에 대한 중요한 특허 기술로는, 선박 날개기술 Rudder Fin, 전류고정날개(Pre-swirl Stator), 선미 Transom 부가물(V-wedge, Ducktail) 등이 연료 절감 형 및 속도성능 향상 장치로 출원된 특허이며, 본 기술들은 실제 건조되는 선박에 적용되고 있다.

<그림 31>. <세부 기술 분야의 연도별 출원건수>

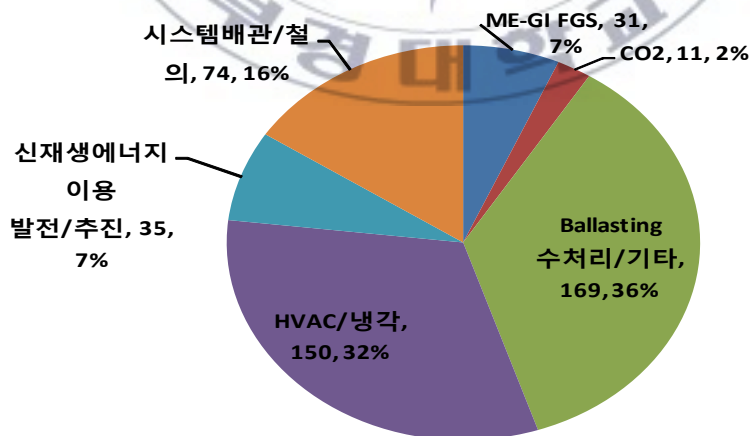


자료: 대우조선해양

4. 친환경기술 특허 분석

그림 32 는 친환경 기술의 세부 기술 분야별로 구분하여 정리한 그림으로, 총 470 건이 출원되었으며, 가장 많은 특허가 출원된 기술 분야는 선박 평형수 처리 분야로서 모두 169 건이 출원되어 전체의 36%에 해당하였으며, 그 다음으로 많은 특허가 출원된 분야는 HVAC/냉각기술로 150 건(32%)이 검색되었다.

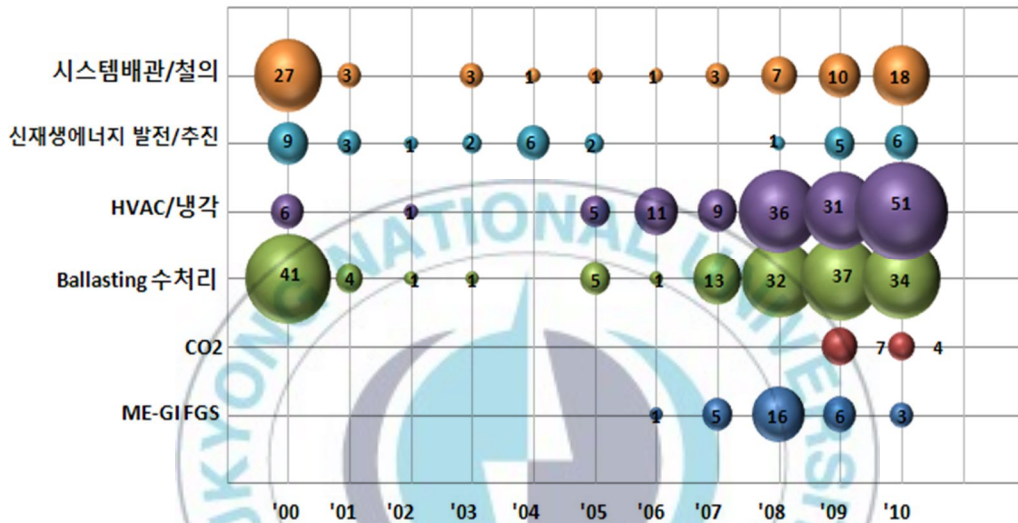
<그림 32> <세부 기술 분야의 연도별 출원건수>



자료: 대우조선해양

그림 33 은 친환경 기술 관련 세부 기술 분야의 연도별 출원건수를 나타내는 그림으로, 2008 년 이후 친환경 기술에 대한 특허출원이 급격한 증가를 보여주고 있다. 국제규제가 발효됨에 따라 2007 년 이후 선박 평형수 처리 분야, HVAC/냉각기술(엔진/연료냉각 시스템)에서 많이 출원되고 있으며, 또한 향후 국제규제 발효 예정에 따라 시스템배관/ 철의(배기가스 저감 장치)기술에서 특허출원이 증가할 것으로 보인다.

<그림 33> <세부 기술 분야의 연도별 출원건수>



자료: 대우조선해양

특히, 많은 출원 증가를 보여주고 있는 선박 평형수 처리장치는, 1988 년 평형수에 포함된 해양미생물에 대한 위험성이 IMO 에서 논의되기 시작하면서, 2000 년도 초반에 적용을 예상하여 2000 년도에는 많은 특허가 출원이 되었다. 그러나 2004 년도에 비로서 국제협약이 채택되어, 2015 년경부터는 적용해야 함에 따라, 2000 년대 중반 이후 출원이 급격하게 증가하여 계속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 선박 평형수 처리장치는 전체적으로 출원건수 및 출원인수가 증가하는 발전기 단계에 있는 것으로 분석된다. 처리장치의 각 기술 별 전체특허 출원 비율을 보면, 그림 33 과 같이 여과+전기분해기술이 40%, 여과+자외선기술이 35%, 전기분해+자외선기술이 25%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

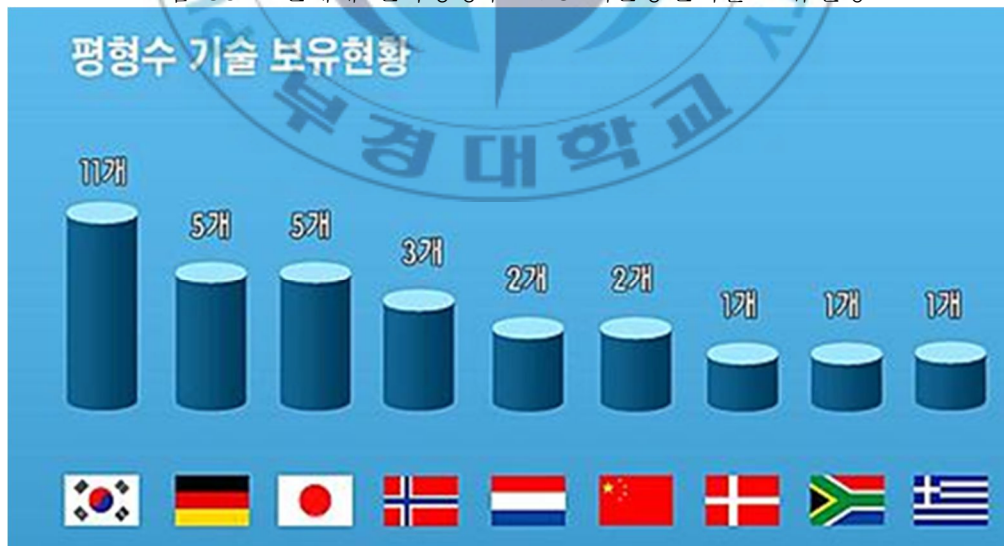
<그림 34>. <선박 평형수 처리장치의 세부 기술 별 분포도>



자료: 대우조선해양

최근 3 년간 세계적으로 1,600 척의 선박에 선박평형수 처리장치 설치 및 계약이 이루어 졌으며, 이중 우리나라 기업이 871 척에 대한 계약을 수주하며 54%의 시장 점유율을 기록하고 있다. 우리 나라는 선박 평형수 처리 설비기술 최다 보유국으로 IMO 의 기본 승인기술 31 개 중 11 개를 보유하고 있고, 독일(5), 일본(5), 노르웨이(3) 등이다.

<그림 35> <전세계 선박평형수 IMO 기본승인기술 보유현황>



자료 : 중앙일보

5. 특허 분석을 통한 기술방향제시

에너지절감 기술은 추진향상 부가물기술에서 가장 많은 특허 출원을 보이고 있다. 이는 저렴한 비용으로 선박에 적용을 하여 에너지를 절감시킬 수 있는 단순한 장치이기 때문이다. D 조선소의 전류 고정 날개, S 중공업의 세이버 핀, H 중공업에서 적용하는 스러스트 핀 등이 그 좋은 예이며, 다른 기술들에 비해 쉽게 적용하여 에너지를 절감시킬 수 있는 장치라 하겠다.

최근 2-3 년 사이, 특허 출원의 큰 향상을 보이고 있는 FGS 기술은 선박의 주 기관 및 보조기관의 연료공급 방식을 변경하는 것으로써, 기존의 연료로 사용되어오던 벙커 C 유 나 디젤오일에서 친환경 연료인 LNG 를 같이 사용 할 수 있도록 함으로써, 에너지 절감 및 친환경에 부응할 수 있어 관련 시장을 주도 할 것으로 기대된다.

특히, ME-GI 엔진은 전 세계 조선업계의 패러다임을 바꿀 수 있는 주요 변수가 될 전망이다기 때문에, 국내 중소조선소의 부활을 위하여 기술 이전이 절대적으로 필요하고, 선박의 운항 동안 쉽게 천연 Gas 연료를 공급 받을 수 있는 연료 공급지 마련 등을 통해서, 대한민국 조선 산업의 새로운 부흥기를 가져올 수 있도록 하여야 할 것으로 본다.

그림 34 는 D 조선해양이 세계 최초로 건조하는 천연가스 추진 컨테이너 선박에 독자 개발한 고압 천연가스 연료 공급 장치이다. 미국 나스코 조선소에서 건조하는 3100TEU 컨테이너 선에, 만디젤 & 터보사에서 개발한 천연가스 엔진인 ME-GI 엔진을 세계처음으로 탑재한다.

<그림 36>. <고압천연가스 연료공급장치>



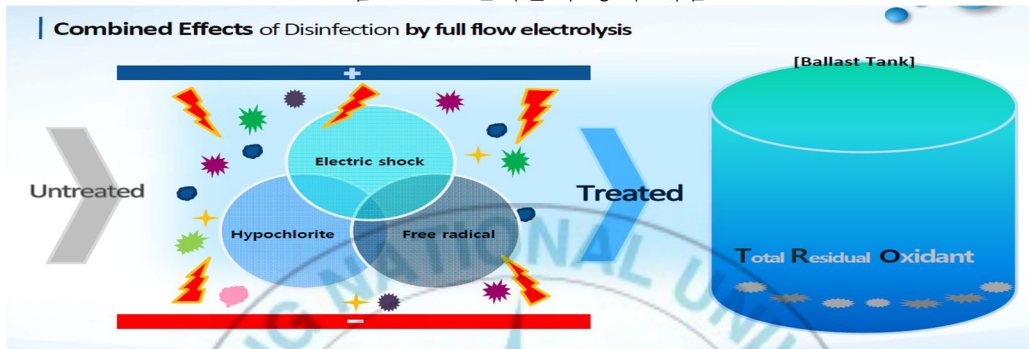
자료 : 한국경제

친환경 기술은 선박 평형수 분야에서 가장 많이 출원 되고 있으며, 여러 가지 종류의 평형수 처리 장치가 개발 되고 있다. 그 중에서도 전기분해 기술을 이용한

처리 장치가 가장 많이 특허출원 되고 있는데, 이는 처리 효과 및 전력소모에 있어서도 타 처리장치보다 우수하고, 선박에 적용 시 제한된 공간에 설치가 쉽기 때문이다. 향후 전기 분해 장치를 이용한 평형수 처리장치가 주력 상품이 될 가능성이 높다고 하겠다.

그러나, 전기 분해 평형수 처리 장치는 폭발사고로 이어진 사례가 있어 안전장치에 대한 기술개발 및 대책이 보완되어야 하겠다.

〈그림 37〉. <전기분해 장치 개념도>



자료 : 테크로스 자료

제 5 장 결 론

에너지 절감기술 및 친환경기술에 대한 핵심 특허 내용을 분석한 결과 에너지절감분야는 선박의 운항 중 연료 절감 및 추진효율 향상을 위한 추진성능 향상 부가물장치 기술이 전체 출원 건수에 29% 로써, 제일 많이 출원되고 있으며, 최근 LNG 를 연료로 사용하는 기술과 관련한 FGS 기술 특허 출원이 증가하고 있는 것을 보여 주었다. 추진향상 부가물 장치는 저렴한 비용으로 선박의 에너지 효율을 높일 수 있기 때문에 향후 보다 많은 선박에 장착 되리라 예측되며, FGS 기술은 조선업계의 패러다임을 바꾸는 주요 기술이기 때문에 연료공급지 마련 및 중소 조선으로의 기술이전이 절대 적으로 필요 하다고 본다.

친환경기술 분야는 선박 평형수 처리 분야가 전체 출원 건수에 35% 로써, 제일 많이 출원되고 있으며, 그 중에 전기분해 타입의 선박 평형수 처리장치가 65% 로써, 여러 선박 평형수 처리장치 들 중에 출원이 제일 많이 되고 있다. 처리효과와 전력 소모, 설치에 있어 많은 이점이 있어 주력 상품이 될 가능성이 높으며, 안전장치에 대한 기술이 보완이 이루어 져야 한다.

국외에서는 해운회사 중심으로 Green Ship 기술이 개발되고 있으나, 국내에서는 선사 제외된 제조사 중심으로 장비가 개발되고 탑재되어, 선사가 실제 적용을 꺼려할 경우 상용화 까지는 많은 시간이 걸릴 수 있고, 개발비에 대한 회수 문제도 발생 할

수가 있다. 이는 국내 선사 R&D 조직의 기술적 한계와 선사 자체 연구개발비용이 부족하기 때문이며, 정부 및 민간 단체의 지원 자금이 필요하다고 본다.

주요 선진국들의 대부분은 주로 요소기술에 치중하고 있으며, 조선부문의 직접적인 경쟁관계는 아니지만, 특허를 통한 원천기술을 확보하고 있기 때문에, 우리나라 조선업체도 자체적으로 여러 방면의 기술을 개발하여 격차를 줄여 나가야 한다. Green Ship 규제는 위기인 동시에 기회인 만큼 기술개발에 박차를 가하고, 조선 경쟁국인 중국과의 격차도 확실히 벌릴 수 있도록 하여야 한다.

조선업체는 기업뿐 아니라 관련 산업, 전문 연구기관, 국외 선진국 전문기관 등 모든 네트워크와 연계한 총력적인 기술개발 노력 필요하다. 유럽, 일본 등의 선진국들은 국내 조선소에 위협이 될 조선 경쟁국은 아니나, 중국이 기술개발에 실패할 경우에는 이들 선진국 기술을 매입하여 경쟁할 가능성이 있다. 우리 조선 산업으로서는 원천기술을 확보하여 경쟁력을 유지할 필요가 있다.

국내 중소 조선소의 경우 Green Ship 기술개발에 대한 대비가 거의 이루어지지 못하고 있어, 향후 산업의 지속을 위해서는 정부의 지원이 필요하며, 중소 조선 산업을 위한 연구기관의 설립이나 기존 연구기관의 확충을 통하여 관련 연구개발을 시급히 추진할 필요가 있다. Green Ship 에 의하여 새롭게 부상하는 에너지 절감 및 친환경 분야에 대한 금융지원 강화가 필요하고, 관련 수출선박 및 관련 분야에 대한 적극적 금융지원이 필요하다. Green Ship Technology 는 조선해양산업 전반에서 요구되는 핵심원천기술인 동시에 국가 무역수지 및 국제적인 환경문제에 대처할 수 있는 기술이므로 국가산업기술 발전을 위하여 정부의 지원 아래 국내의 조선소가 참여하여 개발하여야 하는 기술이다. 아울러 Green Ship 기술력의 확보여부가 조선 산업의 경쟁력과 존폐여부를 결정하게 될 것으로 본다.

환경보호를 위한 청정에너지 사용량의 증가, 심해 등의 에너지 개발 확대, 운송비 절감, 환경·안전규제에 대응한 신개념 선박 수요의 증가로 미래형 선박 시장 점유 확대를 꾀할 수 있는 적기이며, 이러한 수요에 대응하여 친환경 선박기술의 선점을 통해, 조선해양 분야 경쟁력의 지속적인 우위를 확보할 수 있도록 대응전략을 마련해야 할 것이다.

본 논문을 통하여 세계적인 조선해양산업 기술개발의 중심이 선박에서 해양으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 향후 이러한 기술분석은 LNG-FPSO, LNG-FSRU, 미래형 친환경 선박 등 새로운 제품 및 시장의 개발을 위한 정보로 활용가치가 매우 높을 것으로 기대된다.

<참고문헌>

1. 한국해양수산개발원, “녹색해운전망과 대응전략”, 2010.12.
2. 한국수출입은행, “그린쉽 (Green Ship : 고연비, 친환경선박) – 조선 산업의 새로운 도전과 기회”, 2012.10.
3. 배상은 외, “특허분석을 통한 Green Ship Technology 기술동향분석”, 2013.
4. (사) 한국선급, “밸리스트수 관리시스템의 선박적용에 대한 지침서”, 2010.
5. 김진형, “IMO's Market Based mechanism”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
6. 노길태, “선박적용 대체동력원 경제성 분석”, 「KR 녹색선박 연구성과 발표회」, 한국선급 2012
7. 류경부, “IMO GHG Convention-Progress & Challenges”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
8. 김진형, “IMO's Market Based mechanism”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
9. 황갑진, 강경석(2007), “특허분석에 의한 수선해 수소제조 기술동향”, “한국수소 및 신 에너지학회 논문집”, 제 18 권 제 1 호
10. 문성근, 정영훈(2012), “석탄가스화 기술에 대한 특허분석”, “청정기술”, 제 18 권 제 12 호
11. 조건희, “Green Ship 환경기기”, 한국해양대학교 ETRS 센터
12. 해양연구원, 홍성인 외, “국제해사기구(IMO) 선박연비규제의 선박금융 연계 가능성과 차별화 전략 연구”

<온라인 자료>

1. <http://www.kipris.or.kr>
2. <http://www.greenship.org>
3. <http://www.tognum.com>
4. <http://www.hitachi-m-c.com>
5. <http://www.imo.org>
6. <http://www.shippipedia.com>