

우리나라 선박의 친환경기술 적용 확대방안

A Study on the Policy for Enlargement Application
of Eco-friendly Technology for Korean Ships

2016. 12.

박한선 · 이호준 · 이해진 · 김보람



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

보고서 집필 내역

<연구책임자>

박한선: 연구총괄, 제1장 1절~5절, 제2장 1절-1, 2절-1, 제3장 1절-1, 3절, 제4장 2절-3,4, 제5절, 제5장 2절~3절, 제6장 1절~2절

<연구진>

이호춘: 제2장 2절-2, 제3장 2절-1, 3

이혜진: 제4장 3절, 4절

김보람: 제2장 제3절, 제5장 제3절-2

<외부연구진>

현대해양서비스 김영선, 이보라: 제2장 제1절-2, 제3장 제1절-1, 제4장 제1절-1, 제2절-1, 제4절, 제5장 제1절, 제4절

산·학·연·정 연구자문위원

조규성 (한진해운 팀장)

남정길 (목포해양대학교 교수)

이영찬 (한국해양대학교 교수)

* 순서는 산·학·연·정 순임

연구감리자

길광수 (한국해양수산개발원 선임연구위원)

발간사

이상기후변화에 대응하기 위한 인류의 노력은 선박 분야에 있어서도 마찬가지로 이산화탄소의 감축과 제4차 산업시대의 혁신적인 기술개발을 가속화하는 방향으로 계속되고 있다. 특히, 선박연료유 사용량 감축을 위한 다양한 친환경기술을 개발하여 선박에 적용하고 있으며 이러한 친환경선박을 확보하는 것이 해운경쟁력에 막대한 영향을 미치고 있다는 것은 부인할 수 없는 사실이다.

본 연구는 국제해사기구(IMO)에서 2013년 1월 1일에 시행된 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 6 (대기오염물질 배출규제)의 제4장(에너지효율관리) 규정의 이행, 개발된 친환경기술의 선박에 적용 이후에 나타난 온실가스 배출감축의 효과에 대한 실효성을 검증하기 위하여 수행되었다. 또한 이러한 친환경기술에 대한 현시점에서의 친환경기술 분류와 에너지절감효과를 식별하여 정부와 해운기업의 정책방향을 제시하고자 하였다.

친환경기술 적용 확대방안을 마련하기 위하여 우리나라의 친환경기술 적용 현황 및 문제점에 대하여 파악하고 실제 선박의 에너지절감 추진 정책을 시행하고 있는 해운기업과 공동으로 우리나라의 친환경기술 정책과 관련법을 분석하였다. 특히, 우리나라 해운기업의 친환경기술 도입실태에 대하여 분석하고 문제점과 시사점을 도출하였다.

정책제언으로 해운산업의 경쟁력 확보와 해운·조선 산업의 상생방안으로 노후선박의 폐선을 촉진하고 공공재정을 마련하여 친환경선박 전환 보조금을 지급제도를 제안하였으며 이를 뒷받침하는 정부입법으로써 「친환경선박법」을 시급히 제정하여야 하는 필요성을 제시하였다.

본 연구는 우리 연구원의 박한선 실장이 연구책임을 맡았고, 이호춘 전문연구원, 이혜진 연구원, 김보람 연구원이 공동으로 연구에 참여하였다. 또한 현장실태조사 협력 등을 위하여 현대해양서비스의 김영선 팀장, 이보라 과장이 외부

연구진으로 참여하였다. 그리고 한진해운의 조규성 팀장, 목포해양대학교의 남정길 교수, 한국해양대학교의 이영찬 교수가 자문위원으로 참여하였다. 그리고 우리 연구원의 길광수 선임연구위원과 김범중 연구위원이 연구과정에서 심의 및 연구자문을 해 주었다. 또한 심사과정에 참여하여 정부의 정책과 향후 국제 사회에서의 대응방향을 중심으로 보고서를 심의해주신 해양수산부 해사산업기술과 정책담당자에게 심심한 감사의 말씀을 드린다.

끝으로 이 보고서가 우리나라 선박의 친환경기술 적용확대를 위하여 해운기업에서 최적화된 친환경기술로 분류된 기술을 활용하여 해운경쟁력을 높이는 데 활용되기를 기대하며 특히, 국내 연안을 운항하는 중·소형선박을 비롯한 후발 해운기업에서 친환경기술을 도입할 때 활용되기를 바란다. 또한 이 보고서에서 제안된 정부의 정책과제와 해운기업의 정책과제를 바탕으로 「친환경선박법」이 제정되고 친환경선박 전환보조금 정책이 추진되어 해운·조선 산업이 재도약하기를 진심으로 기대한다.

2016년 12월
한국해양수산개발원
원 장 양 창 호

목 차

연구성과 요약	i
Executive Summary	iv
제1장 서 론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구의 목적	4
제3절 연구의 범위와 내용	5
1. 연구의 범위	5
2. 연구의 내용	5
제4절 연구의 방법론	7
제5절 선행연구의 검토	9
제2장 친환경선박 도입과 해운산업의 변화	14
제1절 친환경선박의 정의 및 기술 분류	14
1. 친환경선박의 정의	14
2. 친환경기술의 분류	16
제2절 친환경선박 도입배경과 해운산업의 환경변화	28
1. 친환경선박의 도입배경	28
2. 해운산업의 환경변화	30

제3절 친환경선박 확보 여건과 전망	36
1. 친환경선박의 확보 여건	36
2. 친환경선박의 확보 전망	40
제3장 친환경선박 도입 기대효과	41
제1절 환경보호	41
1. 대기환경보호와 온실가스 감축	41
2. 대기오염물질별 규제정책 사례	43
제2절 비용절감과 산업촉진	52
1. 비용절감	52
2.기자재산업의 활성화	54
3. 해운산업의 경쟁력 강화	55
제3절 시사점	56
제4장 친환경기술 정책과 적용현황 분석	57
제1절 우리나라의 친환경기술 정책 분석	57
1. 친환경기술 정책 분석	57
2. 적용결과 분석	70
3. 현황 및 문제점	70
4. 개선방안	71
제2절 우리나라의 친환경기술 적용 및 도입실태	74
1. 친환경기술 적용사례	74
2. 친환경기술 도입실태 분석	75
3. 우리나라 선박의 에너지효율등급 조사결과	103
4. 개선방안	104
제3절 EU 등 주요국의 친환경기술 정책	111
1. EU의 친환경기술 정책	111

2. EU의 국가별 친환경기술 정책	111
제4절 EU 등 주요 해운기업의 친환경기술 확보전략.....	117
1. EU의 친환경기술 확보전략.....	117
2. 주요 해운기업의 친환경기술.....	117
제5절 문제점 및 개선방안.....	126
1. 문제점 분석.....	126
2. 개선방안.....	130
제5장 우리나라의 친환경기술 적용 확대방안.....	132
제1절 친환경선박 정책 강화 필요성.....	132
1. 국제협약의 이행강화.....	132
2. 해운산업의 경쟁력 확보.....	142
제2절 친환경선박 정책의 목표 및 기본방향.....	145
1. 친환경선박 정책 목표.....	145
2. 친환경선박 정책 추진 기본방향.....	146
제3절 정부 정책과제.....	148
1. 정부지원정책 강화 방안.....	148
2. IMO 등 친환경기술 대응정책 수립.....	154
3. 시사점.....	160
제4절 해운기업의 추진과제.....	162
1. 친환경기술 검증시스템의 도입.....	162
2. 친환경기술 R&D 추진과제.....	164
3. 시사점.....	171
제6장 결론 및 정책제언.....	176
제1절 요약 및 결론.....	176

제2절 정책제언.....	178
1. 친환경기술 적용확대 정부정책 수립.....	178
2. 해운기업의 친환경기술 정책 추진.....	180
3. 친환경기술 보급 확대 및 지원을 위한 입법 추진	182
참고문헌	184

표 목 차

〈표 1-1〉	선행연구와의 차별성	12
〈표 2-1〉	주기관 관련 친환경기술	17
〈표 2-2〉	추진기 및 선체 관련 친환경기술	18
〈표 2-3〉	에너지 소비 관련 친환경기술	18
〈표 2-4〉	에너지 회수 관련 친환경기술	19
〈표 2-5〉	운항 최적화 관련 친환경기술	19
〈표 2-6〉	한국선급 친환경선박 인증 등급	22
〈표 2-7〉	주기관 및 보조기기에 따른 에너지효율기술 분류	27
〈표 2-8〉	세계 컨테이너 선복량 추이	32
〈표 2-9〉	파나마 운하 확장 전·후 시설 비교	33
〈표 2-10〉	미국동안 컨테이너화물의 수송경로 간 비용 분석	34
〈표 2-11〉	3대 얼라이언스의 선복량 점유율 비교	35
〈표 3-1〉	대기오염물질 배출계수	41
〈표 3-2〉	연도별 연료유 황 함유량 및 오염물질 배출계수	42
〈표 3-3〉	대기오염물질 계산 예시	43
〈표 3-4〉	연료유 내 황 함유량 규제 현황	47
〈표 3-5〉	질소산화물 배출기준	48
〈표 3-6〉	52,000 DWT 건화물선의 친환경기술 적용에 따른 EEDI 향상	50
〈표 4-1〉	항만별 ESI 인센티브 제공 현황	59
〈표 4-2〉	파나마의 GRT별 신조선 세금 감면 내용	61
〈표 4-3〉	선박관련 R&D 과제 현황	62
〈표 4-4〉	우리나라 국적선사 선종별 친환경기술 적용현황	74

〈표 4-5〉 구상선수 개조에 따른 작업내역.....	77
〈표 4-6〉 연료율 절감기술에 따른 각각의 개선율.....	92
〈표 4-7〉 컨테이너 주요 운항구간에 따른 CO ₂ 평균 배출량.....	95
〈표 4-8〉 주요 서비스 구간에 대한 연도별 CO ₂ 배출량 변화 현황.....	96
〈표 4-9〉 선박 건조사양에 따른 연료소모량 비교(예시).....	98
〈표 4-10〉 연간 연료비용 산출(예시).....	100
〈표 4-11〉 연료원별 온실가스 배출량 산정.....	108
〈표 4-12〉 디젤 연료 대안의 정성 평가.....	112
〈표 4-13〉 배출규제지역.....	115
〈표 4-14〉 IMO 선박평형수관리 협약.....	123
〈표 4-15〉 EU 주요국 및 해운기업의 친환경기술 정책과 전략.....	125
〈표 4-16〉 세계 10대 해운국의 선박보유 추이.....	126
〈표 4-17〉 8,800TEU 선박 사양.....	127
〈표 4-18〉 8,800TEU 선박 속도별 주기관 연료소모량 비교.....	127
〈표 4-19〉 1차 에너지효율 개선 결과.....	128
〈표 4-20〉 2차 에너지효율 개선 결과.....	129
〈표 5-1〉 EEDI 기준선에 따른 EEDI 감축률(%).....	138
〈표 5-2〉 IMO 시장기반조치 제안사항 비교.....	140
〈표 5-3〉 온실가스·에너지 목표관리제 대상 업체 기준.....	148
〈표 5-4〉 선박에 의한 온실가스 배출량.....	149
〈표 5-5〉 IMO procedure for MRV (draft).....	155

그림 목 차

〈그림 1-1〉	연구의 흐름도	8
〈그림 1-2〉	국제해운 분야의 CO ₂ 배출량	10
〈그림 1-3〉	선종별 CO ₂ 배출현황	10
〈그림 1-4〉	선박의 종류별 및 원인별 CO ₂ 배출량	11
〈그림 2-1〉	연간 EEOI 개념	16
〈그림 2-2〉	선종별 연료소비 최대감소율	20
〈그림 2-3〉	EVDI 선박평가 등급	26
〈그림 2-4〉	컨테이너 물동량 승수효과 추이(2006-2017)	31
〈그림 2-5〉	세계해역별 컨테이너 물동량	31
〈그림 2-6〉	유럽 및 북미항로 운임 추이	37
〈그림 2-7〉	BDI(볼틱건화물선종합운임지수) 추이(1985년~현재)	37
〈그림 2-8〉	우리나라 외항해운사의 매출이익률과 매출액 대비 연료비 비중	39
〈그림 2-9〉	병커유 가격 추이(380cst, 로테르담 기준)	39
〈그림 3-1〉	전 세계 ECA 지정 현황	45
〈그림 3-2〉	에너지효율설계지수	49
〈그림 3-3〉	친환경기술 적용에 따른 CO ₂ 배출 감소	53
〈그림 4-1〉	컨테이너선 평균선적화물무게 및 방형비척계수에 따른 선형별 에너지효율 비교	77
〈그림 4-2〉	구상선수 개조작업 전과 후	78
〈그림 4-3〉	선체 오손 점검 사진	79
〈그림 4-4〉	GAC사 ENVIRONHULL 기술	79
〈그림 4-5〉	선박 도장	80

〈그림 4-6〉	Air Lubrication 시스템	80
〈그림 4-7〉	기상업체의 추천항로	82
〈그림 4-8〉	트림에 따른 전달마력 계산	83
〈그림 4-9〉	에너지효율모니터링시스템	83
〈그림 4-10〉	운항속력에 따른 연료소모량 변화	84
〈그림 4-11〉	추진효율 개선 기술	85
〈그림 4-12〉	전자엔진	88
〈그림 4-13〉	Turbocharger Cut off 사례	88
〈그림 4-14〉	Turbocharger 1대 Cut off 시 연료소모저감 사례	89
〈그림 4-15〉	폐열회수처리시스템	90
〈그림 4-16〉	Shaft Generator	91
〈그림 4-17〉	연료유 첨가제 적용	91
〈그림 4-18〉	선박별 CO ₂ (g/TEU-KM) 배출량 산정 공식	94
〈그림 4-19〉	연도별 CO ₂ 배출량 추이	96
〈그림 4-20〉	일일 연료소모량 (예시)	99
〈그림 4-21〉	에너지효율 등급별 선박의 연도에 따른 변화 추이	102
〈그림 4-22〉	선박의 에너지효율 등급비율	103
〈그림 4-23〉	에너지효율 하위 등급 선박의 선종별 현황	104
〈그림 4-24〉	북미와 유럽의 ECA 지역	116
〈그림 4-25〉	절약 대책 선택을 위한 기준	118
〈그림 4-26〉	분석된 에너지효율 절약 대책 순위	119
〈그림 4-27〉	에너지 절약의 우선적으로 고려되는 3가지 항목	120
〈그림 4-28〉	선박 속도와 병커 가격	121
〈그림 4-29〉	선박의 ECAs/SECAs 시간 분배	122
〈그림 4-30〉	머스크 컨테이너 선박의 이산화탄소 평균 대기배출량	124
〈그림 4-31〉	8,800TEU 선박 속도별 주기관 연료소모량	128
〈그림 4-32〉	온실가스 절감 옵션에 따른 비용 분석	130

〈그림 5-1〉	한국의 2030년 온실가스 배출전망치·····	133
〈그림 5-2〉	IMO 규정에 의한 선박평형수 내 유기체 제한·····	134
〈그림 5-3〉	선박 질소산화물 배출 규제 추이·····	135
〈그림 5-4〉	한·중·일 3국의 선박 건조량 추이 ·····	142
〈그림 5-5〉	한국과 중국의 조선 산업 경쟁력 비교평가·····	143
〈그림 5-6〉	EU MRV procedure·····	156
〈그림 5-7〉	EU MRV trial plan·····	157

연구성과 요약

우리나라 선박의 친환경기술 적용 확대방안

1. 연구의 목적

- 해양오염방지협약(MARPOL) 규정의 이행과 온실가스 배출감축 측면에서의 친환경기술 분류와 에너지절감효과에 대한 정부정책 제언
- 국내 해운선사의 친환경선박 확보 실태 및 주요 해운국의 친환경선박 정책 시행사례에 관해 조사 및 분석하여 국적선사의 문제점에 대한 친환경선박 정책목표와 기본방향에 대한 대책 수립
- 미래 친환경기술 적용 확대를 위한 정부 및 민간차원의 정책지원 방안과 정책방향을 제시하고 국제협약의 이행을 위한 국가책임 준수 지원

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구방법

〈표〉 본 연구 방법의 특징

특징	주요 내용	자료수집	방법론 선택 이유
기초분석	- 해운산업의 내·외부 환경변화 - 친환경선박 확보 여건과 전망 - 친환경선박 도입 효과 분석	- 관련 문헌조사 - 국내외 사례조사	- 친환경기술에 관하여 국내외 5년 이상의 통계자료를 통해 현황 및 실태 분석
국제회의 참석	- 친환경기술의 동향과 규제 기준의 논의 방향 파악 - 각국의 친환경기술 적용사례 수집	- 전문가 대상 인터뷰 - 사례 발표자료 수집	- 해양환경 관련 국제 동향 파악 - 해운 주요국의 친환경선박 및 기술 확보 전략 파악
전문가 자문 및 관련 기업체 조사	- 머스크라인 출장 방문을 통해 친환경기술의 해외사례 파악 - 전문가 및 기업의 친환경기술 적용확대에 대한 의견 수렴	- 전문가 자문 및 의견 청취 - 기업체 면담 조사	- 기업 및 전문가 입장에서 친환경선박 정책 강화 필요성에 대한 의견 반영

2) 연구의 특징

- 본 연구는 우리나라 해운경쟁력의 제고를 위한 친환경기술 확대 적용방안과 정부 및 해운기업에서 추진해야 하는 친환경기술 정책과제 및 혁신 방향을 도출하여 정부정책 제시
 - IMO 제 69차 해양환경보호위원회(MEPC)에 참석하여 환경오염 규제기준 논의 방향 및 주요 해운국들의 친환경기술 적용사례를 수집하여 연구에 활용하였으며, 현지 참석한 친환경기술 전문가와의 인터뷰를 통해 의견 수렴
 - 친환경기술 적용 및 녹색운항선박에 있어 가장 선도적인 해운회사 머스크 라인을 출장 방문하여 해외사례 자료 수집 및 분석을 수행하였으며, 각 파트 전문가들과 토론회 및 회의를 통해 향후 친환경선박 시장의 여건과 전망에 대한 의견 수렴

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

- 온실가스에 대한 논의는 2013년 1월 1일 이후 신조선에 대한 EEDI 개념과 적용이 강제화되면서 본격적으로 해운시장에서 친환경기술이 조명받고 있음
 - 컨테이너선박의 경우 대형화에 대한 수요가 더욱 가속화되었으며, 비용절감을 위한 친환경선박의 도입은 불가피한 생존 전략임
 - 친환경선박 및 기술에 선도적인 해운선사는 경쟁력을 갖추기 위하여 M&A를 통해 선박운항의 전략적 제휴 시도 및 해운산업 구조 재개편에 노력함
- 우리나라는 IMF 이후, 용선을 통한 해운업으로 인하여 금융 부담이 증가하여 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있음
 - 국가 기간산업인 해운산업의 부흥과 미래를 대비하여 우리나라 선박의 친환경기술의 적용확대는 산업계, 정부, 관련기관에서 관련법의 제정이 필수 불가결함
 - 해운산업의 최고경영자 입장에서 실효성 있는 금융지원정책을 포함한 범

정부정책 수립 및 산업육성 체계 확립이 필요함

- 해외 해운산업의 사례를 분석하여 구속력 있는 정책 및 법안 마련이 필요함
 - 중국의 노후선박 폐선에 따른 금융지원 정책에 대한 분석과 실질적으로 우리나라의 금융지원 정책이 구체적으로 법안에 언급될 필요가 있음
 - 정부, 해운기업 최고경영자와 금융정책 당국의 합의에 의한 금융지원 방향, 원칙 및 금융규모 등을 법조문에 언급하여 구속력을 가질 필요가 있음

2) 정책적 기여

- 친환경기술 적용 확대를 위한 정부 및 민간차원의 정책지원 방안 및 방향 제시
- 해외사례 분석을 통해 친환경선박 금융 지원 및 정책관련 법조문 제정의 기반 마련
- 저유황유 공급과 연료유 저감 장치에 대한 해운회사와 정유회사의 친환경기술 정책 추진방안 도출

3) 기대효과

- 중소형 선사 및 연안선의 친환경기술 적용에 대한 정책 수립의 연계자료로 활용
- 친환경선박 운용관리 능력 향상을 위해 선원교육 및 훈련 담당기관의 친환경기술 시스템 운영 인증교육 및 고용 매칭제도 마련
- ISM에 IMO 국제협약에 따른 친환경선박 기술 개발에 대한 컨설팅 시도

Executive Summary

A Study on the Policy for Enlargement Application of Eco-friendly Technology for Korean Ships

1. Purpose

- This study aims to categorize eco-friendly technologies in terms of implementing MARPOL 73/78 Annex 6 regulations and reducing greenhouse gas emission. It also aims to present governmental policies for energy reduction efficiency.
- It examines Korean shipping companies' efforts to secure eco-friendly ships and analyses major maritime nations' green ship policies. By doing so, the study presents policy goals for eco-friendly ships and strategies for basic direction in addressing problems faced by national flag ships.
- The study presents direction for supportive measures on the governmental level as well as in the private sector in expanding application of eco-friendly technology. This will support national obligation of implementing relevant international agreements.

2. Methodologies and Features

1) Methodologies

〈Table〉 Characteristics of Methodologies

Features	Major contents	Data collection	Reason for selection
Basic analysis	- Internal and external changes in shipping industrial environment - Circumstances in securing eco-friendly ships and prospects - Analyses on effects of introducing eco-friendly ships	- Literature review - Domestic and overseas case studies	- Analyze more than 5 year long domestic and overseas statistics on eco-friendly technology to understand current status and condition

Features	Major contents	Data collection	Reason for selection
International conference	- Understand trends and direction for regulation standards - Collect cases of applying eco-friendly technology	- Interviews with experts - Collect published cases	- Understand relevant international trends - Examine major nations' strategies to secure green ships and technology
Expert consultation and survey on relevant companies	- Examine international cases of eco-friendly technology by visiting Maersk Line - Gather expert/company opinions in expanding green technology application	- Expert consultation - Interviews with companies	- Reflect expert/company opinions in strengthening eco-friendly ship policies

2) Features

- This study presents measures in expanding eco-friendly technology usage to enhance shipping competitiveness of Korea. It draws relevant policy tasks to be adopted by government and shipping companies, while suggesting governmental policies.
- Researchers discussed environmental pollution regulation standards at the 69th IMO Marine Environment Protection Committee (MEPC) and collected cases of green technology applied by major maritime nations. They conducted interviews with attending experts in the field and collected their opinions.
- Researchers visited Maersk Line, the leader in application and operation of green technology and ships, for collection and analysis of overseas cases. Discussion and meetings were conducted on future green market condition and forecast along with experts from each department.

2. Results

1) Summary

- Eco-friendly technology has been highlighted in the shipping market as newly built ships were obliged to adopt Energy Efficiency Design Index (EEDI) since January 1, 2013.

- Demand for larger container ships has been on the rapid rise. Introduction of eco-friendly ships is a must for cost reduction.
- Early adopters of eco-friendly ships and technology are conducting M&A for strategic partnership of ship operation, reorganizing the shipping market.
- Meanwhile, Korea has carried out charter service since the IMF crisis, which increased financial burden of the shipping industry. The industry is now struggling to secure its competitiveness.
 - As the shipping industry is one of national mainstay businesses, it needs to adopt and expand the use of eco-friendly technology for the shipping industrial renaissance and better future. For that purpose, relevant laws and regulations should be prepared by the industry, government and other organizations.
 - Government-wide policies, including financial support and industrial development system, should be prepared with insight of CEOs at shipping companies.
- Legally binding policies and regulations need to be prepared based on analyses on overseas cases.
 - Relevant bills should reflect analyses on China's financial support for scraping of aged ships and should include concrete comment on Korea's financial support policies.
 - Provisions of the bills need to include direction, principle and size of financial supports agreed by government, CEOs of shipping companies and financial authorities. This will provide strong binding force.

2) Policy contribution

- The study presents policy supports and their direction both from the governmental and private sector for expanded application of green technology.
- The analysis on overseas cases builds the foundation for financial support as well as relevant legal provisions for green ships.
- The study draws policy direction for eco-friendly technology to be adopted by shipping companies and oil companies, such as low-sulfur fuel oil and fuel oil reduction device.

3) Expected benefits

- The study can be used as resources when policies for green technology application are prepared for small-and medium-sized shipping companies and coastal vessels.
- For better green ship operation management capability, seafarer education and training institutes conduct certification training for green technology system operation, 'Employment matching system' is prepared for those who complete the training.
- Consultation with ISM is carried out to apply agreements of the IMO to eco-friendly technology.

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

지구온난화에 따른 전 지구촌의 관심사는 계속적으로 상승하는 지구의 평균기온을 억제하고 이상기후변화에 따른 피해를 방지하기 위하여 화석연료로부터 배출되는 이산화탄소를 줄이고 혁신적인 친환경 재생에너지 개발과 더불어 고도의 에너지절약 사회를 만드는 것이다.

지난 2015년 12월에 개최된 파리기후변화협상(COP21)에서 항공과 해운의 규제를 포함한 파리협정서(Paris Agreement)가 채택되었다. 교토의정서를 대체하는 파리협정은 55개국 이상의 비준과 비준국의 합계 온실가스 배출량이 세계 전체의 55%이상이 되면 발효하게 되어있다. 교토의정서가 발효되기까지는 8년이 걸렸으나 파리의정서는 1년이 걸리지 않았다. 미국과 중국은 물론 EU의 회가 비준함으로써 2016년 10월에 발효 요건을 충족하였다.

발효되는 파리협정에 따르면 선진국과 개도국 모두 2020년 이후 5년마다 자발적 감축기여(INDCs)¹⁾를 의무적으로 보고하여야 한다. 현재까지 자발적 감축기여에 대한 감축목표를 제출한 국가는 2016년 5월 말까지 UN 193개 회원국 중 162개국이며 한국의 경우 2015년 6월에 2030년 감축목표를 BAU²⁾ 37%까지 달성하겠다고 제출한 바 있다.³⁾

1) 자발적 감축기여(INDCs, Intended Nationally Determined Contributions), <http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php>, 검색: 2016.5.30.

2) BAU(Business As Usual)란 평상시 주어진 상황 하에서 미래의 어떤 변수 값을 전망할 때 사용하는 개념으로, BAU 배출량은 주어진 경제상황 하에서의 미래 온실가스 배출량 추이 전망치를 의미함. 일반적으로 과거부터 현재까지의 온실가스 감축기술발전 또는 점진적으로 강화되는 온실가스 감축 정책의 추세가 미래에도 지속된다는 것을 전제로 전망하며 국가감축목표 설정 시 기준선(baseline)으로 작용함. <<http://www.gir.go.kr/home/board/read.do?boardId=3&boardMasterId=1&menuId=16>>, 온실가스정보센터. 검색: 2016.5.30.

3) 우리나라의 모든 경제 분야에 걸쳐서 2030년까지 BAU 기준으로 37%(BAU, 850.6 MtCO₂eq)의

IMO “Third IMO GHG Study 2014”연구보고서에 의하면 2020년 이후 해상물동량 증가에 따라 자발적 감축의무가 있는 해운부분의 온실가스(GHG)⁴⁾ 감축할당량은 증가될 것으로 예상된다.⁵⁾ 특히, 파리의정서 채택 이후 기후변화협약(UNFCCC)⁶⁾과 IMO 국제 기술기준 제정 및 협약 이행촉구는 우리나라 해운기업과 조선 산업의 경쟁력에 직접적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

해상운송에 있어서의 환경친화적 선박(이하“친환경 선박”이라 한다)이라고 하는 것은 선박으로부터 배출되는 대기오염물질을 줄여서 운항하는 선박(Green Ship), 환경변화를 고려한 친환경성 청정 선박(Clean Ship), 신개념의 첨단기술을 접목시킨 국제해사기구(IMO)의 신조선 에너지효율설계지수(EEDI)⁷⁾의 관련요건을 만족시키는 선박(Eco-Ship)으로 정의할 수 있다⁸⁾. 또한 친환경선박에 에너지효율을 높이기 위하여 적용된 기술을 “친환경기술”이라고 한다. 이 연구에서는 IMO 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)⁹⁾의 부속서 6의 제4장(에너지

온실가스(Greenhouse Gas)를 감축할 계획임. <<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Republic%20of%20Korea/1/INDC%20Submission%20by%20the%20Republic%20of%20Korea%20on%20June%2030.pdf>>, 검색: 2016.5.15.

4) “온실가스(GreenHouseGas, GHG)”란 대기를 구성하는 여러 가지 기체들 가운데 온실효과를 일으키는 기체를 말한다. 온실가스에는 지구온난화 현상을 유발하는 가스로서 CO₂(이산화탄소), CH₄(메탄), N₂O(아산화질소), HFCs(수소불화탄소), PFCs(과불화탄소), SF₆(육불화황) 등을 지칭하며, 이 가운데 HFCs, PFCs, SF₆는 자연계에는 존재하지 않으며 인간이 합성한 가스를 말한다(Farhana, Y. & Joanan D., The International Climate Change Regime, (London: Cambridge University Press, 2004), p.20., 2014 한국해양대학교 법학박사학위 논문.

5) Third IMO GHG Study 2014, IMO, pp.18-21.

6) 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)의 정식 명칭은 “기후변화에 관한 국제연합 기본협약”이고, 지구온난화에 대처하기 위해 UN이 1992. 5. 9에 채택하여 1994. 3. 21에 발효되었다. 주요 목적은 1990년 배출량 수준으로 이산화탄소를 포함한 온실가스 배출량을 줄이는 것이다. 그 동안 온실가스를 배출해온 선진국(Annex I 국가, 38개국)에게 감축의무를 부과하고 있다(Joseph E. A & Robert N. S., Architecture for agreement(Addressing Global Climate Change in the post-kyoto world), (London: Cambridge University Press, 2007), pp.5~8.

7) 에너지효율설계지수(EEDI, Energy Efficiency Design Index): 자동차의 연비(ℓ/km)와 유사한 개념으로 선박 건조 시 설계단계에서 선종 톤수별 탄소배출량(g/ton-mile) 제한하는 원단위 탄소배출량 허용기준으로 신조선에 적용된다(MARPOL 부속서 VI/Chapter 4/Regulation 20).

8) 김정환 외 12명, “친환경선박 개발을 위한 ET-조선 기술 융·복합 산업 기술인력 수급전략 연구”, 한국산업기술진흥원, 2010.11, p.11.

9) “MARPOL 73/78”이란 “1973년 선박으로부터의 오염방지를 위한 국제협약에 관한 1978년 의정서(MARPOL 73/78)”를 말한다.

효율관리)을 이행하기 위하여 적용되는 친환경기술에 대한 것으로 한정하였다. 특히, 친환경기술이 적용된 선박은 연료소모량을 최대한 감소시켜서 선박을 운항하는 것을 의미하므로 해운산업의 경쟁력과 직결된다고 볼 수 있다.

현재 IMO의 적극적인 조치와 IMO 회원국들의 노력으로 2013년 1월 1일부터 발효된 신조선의 에너지효율설계지수(EEDI)의 적용, 모든 선박에 대한 에너지효율 관리계획서(SEEMP)¹⁰⁾ 비치 이외에 현존선의 규제를 위해 온실가스 배출량데이터수집시스템을 2018년부터 강제화하기 위해 논의하고 있다. 따라서 정부와 민간차원의 기후변화에 대한 적극적인 대책수립이 해운산업의 경쟁력과 생존 전략수립을 위해서도 절대적으로 필요한 시점이며 친환경선박으로의 적극적인 패러다임 전환이 필요하다고 하겠다. IMO 및 파리협정서 발효에 따른 온실가스 감축 의무와 규제강화에 대비하기 위하여 선박부문의 친환경기술 적용실태에 대하여 현시점의 평가와 반성 및 확대 적용을 위한 다각적인 노력이 필요하다. 특히, 패러다임 전환을 위하여 정부와 민간차원의 친환경기술의 적용을 확대하기 위한 정책 개발이 시급한 실정이다.

세계 해운경기 침체에도 불구하고 친환경선박과 친환경기술의 적용 확대에 대한 관심은 지속적인 IMO 배출기준 강화 및 중국 ECA 지정 확대 등 환경보호책임(CSR)과 경쟁력 제고 측면에서도 필요한 조치라고 하겠다. 따라서 향후 해운산업의 성장과 경쟁력 강화 측면에서 정부와 민간이 협력하여 친환경선박 확보를 위한 정책개발과 친환경기술 적용 확대를 위한 계획수립과 실행방안을 마련할 필요가 있다.

¹⁰⁾ “선박에너지효율관리계획서(SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan)”는 선박 운항 중에 연료소비량 감축 등 에너지절약과 에너지이용 효율화를 유도하기 위해 일정 크기 이상(예, GT400)의 각 개별 선박이 연간 에너지관리계획을 수립하여 시행하는 것을 의무화하고 선박 비치를 강제화하도록 함(MARPOL 부속서 VI의 제22규칙).(자료: 박한선, 선박온실가스 배출규제를 위한 국가책임과 이행방안에 관한 연구, 2014.08.)

제2절 연구의 목적

본 연구의 목적은 2013년 1월 1일 채택된 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 6 (대기오염물질 배출규제)의 제4장(에너지효율관리) 규정의 이행과 온실가스 배출감축의 효과 측면에서 현시점에서의 친환경기술 분류와 에너지절감효과에 대한 실효성을 평가를 바탕으로 정부정책을 제언하는 것이다.

실제 우리나라 해운선사의 친환경선박 확보 여건과 전망, 도입효과 및 도입실태를 조사·분석하고 EU 등 주요 해운국의 친환경선박 정책 시행사례를 고려하여 국적선사의 문제점 및 시사점 도출을 통해 친환경기술 적용 확대방안을 마련하고자 한다. 또한 적용된 친환경기술에 대한 에너지절감 효과분석을 통해 친환경선박의 정책 목표와 기본방향에 대한 대책을 수립하고자 한다.

또한 미래 친환경기술 적용 확대를 위한 정부 및 민간차원의 정책지원 방안과 정책방향을 제시하고 해운산업의 대외경쟁력을 확보하도록 지원하는 정책을 마련하기 위하여 정부의 정책과제와 해운기업의 추진과제를 제언하고 국제적으로는 국가의 국제협약의 이행을 위한 대세적 의무(*obligations erga omnes*)¹¹⁾와 국가책임에 관한 규정을 준수하도록 지원하는 데 그 목적이 있다.

11) “대세적 의무(*obligations erga omnes*)”는 국제사법재판소가 바르셀로나 트렉션 사건(스페인에서 전기를 생산하여 유통하는 바르셀로나 트렉션 기업은 캐나다에 설립하였으나 대부분의 주식 90% 이상을 벨기에 주주들이 소유한 주식회사였는데 스페인 정부가 바르셀로나 트렉션에 불리한 일련의 조치를 취함으로써 벨기에 주주들이 손실을 입자 결국 ICJ에 제소된 사건)을 판결하면서 외교적 보호의 범주 내에서 개별 타 국가에 대한 의무와 국제공동체 전체에 대한 의무가 존재하는 경우를 말하고 있다.(자료: 박한선, 선박온실가스 배출규제를 위한 국가책임과 이행방안에 관한 연구, 2014.08.) 예를 들면 침략행위 금지, 집단살해 금지, 노예매매 금지, 인종차별 금지와 같은 인권존중 의무 등을 국제공동체 전체에 대한 의무라고 한다. Case Concerning the Barcelona Traction, Light and Power Company, Limited (Second Phase) (Belgium v. Spain), Judgment of 5 February 1970, ICJ Reports 1970, at 32, para. 33, This chapter will be published as an article entitled 'A Matter of Interest: Diplomatic Protection and State Responsibility, Erga Omnes', in 56 ICLQ, 2007, pp.553~583.

제3절 연구의 범위와 내용

1. 연구의 범위

본 연구의 대상 범위는 우리나라 해운선사의 친환경기술 도입실태를 파악하고 친환경기술을 도입한 EU 등 주요국의 친환경기술 정책 사례분석을 주요대상으로 한다. 또한 주로 덴마크 등 유럽의 친환경기술 적용 해외사례를 조사하여 우리나라와의 비교·분석을 통해 정책제언을 하고자 한다.

IMO에서 채택된 온실가스감축 규정과 선박에너지 효율운항을 위한 국제협약을 각 IMO 회원국들이 이행 측면에서 어떠한 대응정책을 추진하고 있으며 직접적인 이해관계자(Stakeholder)에 미치는 영향에 대하여 분석하여 온실가스 감축을 위한 정책과 실행방안에 대한 개선점을 찾는 것을 연구범위로 하였다.

또한 실제 선박을 운항하고 있는 해운회사에서 적용하고 있는 MARPOL 73/78의 부속서 6의 제4장의 적용과 선박 에너지효율을 높이기 위하여 본선에 적용하고 있는 에너지절감을 위한 친환경기술의 도입실태를 파악하여 분석결과를 도출하는 것이다. 또한 이행관점에서 가장 효과적인 친환경기술의 분류와 경상경비의 절감을 위한 친환경기술 확대를 위해 대형선사뿐만 아니라 특히 중소형 선사의 선박에 적용할 수 있는 친환경기술을 권고함으로써 에너지효율을 높이기 위한 친환경기술의 확대를 도모하는 정책을 개발하고자 하였다.

또한 시간적 범위로는 주로 2013년 1월 1일 기준으로 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 6의 제4장의 발효 이전과 이후의 정부정책의 변화와 대응방안을 분석하고 2009년 IMO GHG Study의 결과와 최근 2014 IMO GHG Study의 연구결과를 바탕으로 해외사례 등 각 IMO 회원국에서 추진하거나 추진할 최신 정책자료를 활용하여 연구를 수행하였다.

2. 연구의 내용

본 연구는 7개의 장으로 구성되었으며, 제1장의 서론으로 연구의 배경 및 필요성, 연구의 내용과 방법에 대하여 기술하였고, 제2장에서는 현재 시점에서의

해운환경의 변화와 친환경선박의 도입배경에 대하여 해운산업의 내·외부의 환경 변화와 친환경선박의 확보 여건과 전망에 대하여 논하였다.

이어 제3장에서는 친환경기술의 선박적용에 따른 효과분석으로 환경보호 효과 측면에서의 연구를 수행하였고 경제적 측면에서의 비용절감효과와 향후에 정부 및 민간 기업에서 수립할 수 있는 정책 시사점에 대하여 분석하였다.

이어서 제4장에서는 EU 등 유럽의 주요 국가들의 친환경기술 적용정책에 대한 적용사례를 분석하여 어떠한 친환경기술을 가장 많이 사용하고 있으며 효과적으로 친환경기술 적용확대를 위하여 추진하고 있는 정책에 대하여 분석하였다. 또한 제4장에서 해외사례를 분석하는 일환으로 덴마크 머스크라인 등 주요국의 친환경기술 확보 정책추진과 어떠한 친환경기술 확보 전략을 수립하여 대외경쟁력을 확보하는 경영방침을 가지고 경영전략을 이행하고 있는지에 대한 분석을 하였다.

또한 제5장에서는 제4장과 비교해 우리나라의 친환경기술 적용 현황 및 문제점에 대하여 실제 선박에 친환경기술 적용을 하여 선박의 에너지절감 추진 정책을 시행하고 있는 해운기업과 공동으로 우리나라의 친환경기술 정책과 관련법을 분석하여 친환경기술 생태계 구성에 관한 도입실태에 대하여 분석하고 문제점과 시사점을 도출하였다.

그리고 제6장에서는 제4장과 제5장의 실제 친환경기술 적용 사례 및 추진정책에 대한 분석 연구결과를 바탕으로 친환경선박 정책 및 친환경기술 정책 추진 강화 필요성에 대한 정책적 제언과 친환경기술 적용효과, 추진정책의 당위성 및 도입타당성을 바탕으로 우리나라의 친환경선박 정책의 목표 및 기본방향을 제시하였다. 이를 바탕으로 친환경선박 기술 적용 확대방안으로 정부의 정책추진 방향과 미래 추진과제, 해운기업의 추진과제에 대한 정책적 제언을 하였다. 끝으로 제7장에서는 이러한 연구결과를 바탕으로 우리나라 선박의 친환경기술 적용 확대방안에 대한 정책적 제언과 친환경기술 개발 생태계 구성과 조선기자재 산업 등 해사산업의 육성 및 지원을 위한 제도적 지원방안에 대한 법적지원체계에 대하여 언급하였다.

제4절 연구의 방법론

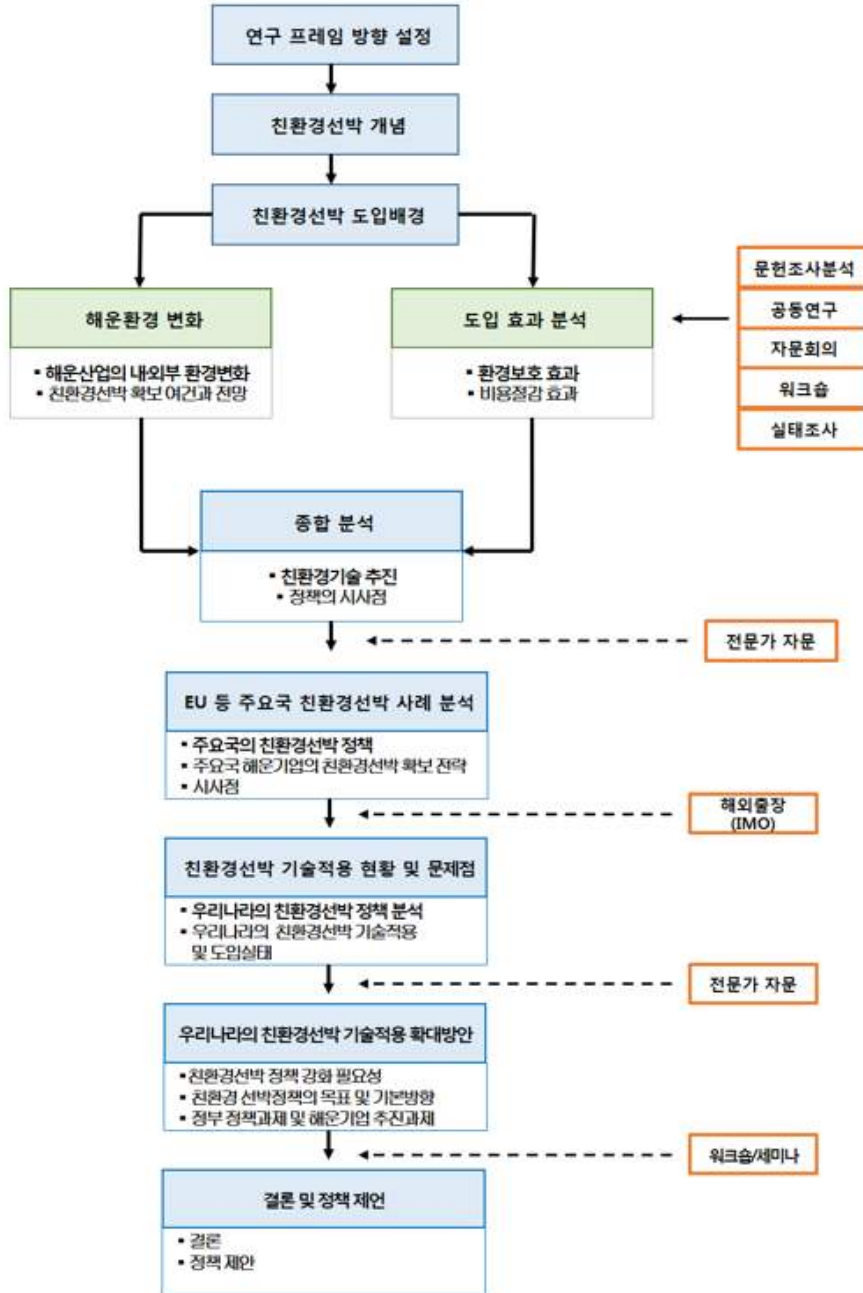
본 연구에서는 관련 논문, 보고서, 최신 동향보고서 등 문헌조사와 함께 실제 해외출장을 통하여 IMO 제69차 해양환경보호위원회(MEPC)에 참석하여 친환경 기술의 동향과 규제기준의 논의 방향 및 각국의 친환경기술 적용 사례에 대한 발표 자료를 수집하여 연구에 활용하고 실제 친환경기술 전문가와의 인터뷰 및 의견을 수렴하는 연구방법을 사용하였다.

또한 최신 자료수집과 통계에 활용할 기준 연도를 2015년으로 하되 일부 자료가 부재한 경우에는 가장 최신의 자료를 활용하였다. 기본적으로 5년의 통계를 기준으로 현황 및 실태를 분석하되 특별한 외국사례 및 자료에 한하여 5년 이상의 자료를 활용하여 연구를 수행하였다.

EU 등 주요국의 친환경선박 정책 추진과 국제협약의 이행에 따른 친환경기술의 효과성, 녹색경영 및 친환경기술을 선박에 적용하여 녹색운항선박의 선도적인 역할을 하고 있는 머스크라인을 출장 방문하여 관련 각 파트 전문가들과 토론회 및 전문가 회의를 수행하였다. 이를 통해 현재 가장 선도적인 친환경선박 적용기술을 선박에 적용하는 있는 해운회사에 보유하고 있는 주요 해외사례 자료 수집 및 분석을 수행하였다. 뿐만 아니라 머스크라인 전문가들과의 친환경기술 도입 정책과 향후 여건과 전망에 대한 전문가들의 의견을 수렴하여 해운기업의 정책과 정부정책 방향에 대한 연구수행을 하였다.

국내에서는 실제 주요 해운선사의 선박을 관리하는 관리회사와의 협동 연구를 통하여 친환경기술 도입실태조사를 실시하고 선박에 적용한 친환경기술의 조사, 분류, 효과성, 에너지절감도, 비용절감 등을 파악하고 분석하여 실제 도입효과에 대한 데이터를 확보하여 분석하였다. 뿐만 아니라 산·학·연의 친환경기술과 관련된 연구를 수행하고 있는 전문가들을 초청하여 자문회의를 개최하고 연구진 및 세미나를 개최하여 도출된 친환경기술 적용 확대방안에 대한 검토의견을 수렴하였다.

〈그림 1-1〉 연구의 흐름도



제5절 선행연구의 검토

국내적으로는 한국해양수산개발원에서 2010년에 수행한 ‘녹색해운 전망과 대응전략’이라는 연구를 통하여 녹색해운의 개념과 구조를 정립하였고 해운경영 패러다임의 변화와 대응에 관한 연구가 수행된 바 있다. 이 연구에서는 친환경선박에 대한 다양한 사전 연구의 분석을 통하여 체계화되지 않은 녹색해운에 대한 개념 정립이나 지금까지의 녹색경영 및 해운경영에 대한 IMO 협약내용을 검토하고 친환경기술의 적용 필요성에 대한 연구결과를 도출하였다. 그리고 중국의 환경 관련 해운정책을 파악하고 녹색해운의 기반구축을 위한 정책제언을 한 바 있다.

2010년 장영태 교수가 수행한 ‘해운 분야 녹색성장 기반구축 연구’에서는 그린쉬핑(Green Shipping)의 동향을 분석하고 우리나라의 해운산업의 성장전략을 제시한 바 있다. 이 연구를 통하여 국제해운과 항공부분 규제의 실행상의 문제점을 지적하고 유럽의 온실가스 배출거래제(EU-ETS) 시행에 대한 분석과 문제점을 평가한 연구결과를 도출한 바 있다. 다만, 이 연구에서는 제도적인 측면에서의 온실가스 감축에 대한 친환경 녹색성장 기반을 구축하기 위한 대안을 제시하였다.

국제적으로는 기후변화에 적절히 대응하기 위한 IMO 차원에서의 최근 5년 이내에 가장 연구결과를 참조할 만한 선행연구는 ‘2009 IMO GHG study’와 ‘2014 IMO GHG update Study’라고 볼 수 있다. 각종 해상물동량을 고려한 해운산업의 성장을 고려하여 해운 분야의 온실가스 감축에 대한 전망과 여건을 제시하고 각 회원국에서 참조할 만한 정책을 제시하고 있다. 다만, 2009 IMO GHG Study에서는 2008년 이전 해상물동량의 예측으로 해운 분야의 온실가스 배출량을 지구 전체 배출량의 3.1%로 산출하였다. 이는 2008년의 세계경기침체에 따른 해상운송 분야의 연료소모량의 감소는 고려되지 않은 결과이다. 최신 온실가스 배출량 예측과 2050 UN 시나리오에 따른 IPCC¹²⁾ 보고서를 참조하고 실제 해

12) 기후 변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, 약칭 IPCC)은 국제 연합의 전문 기관인 세계 기상 기구(WMO)와 국제 연합 환경 계획(UNEP)에 의해 1988년 설립된 조직으로, 인간 활동에 대한 기후변화의 위험을 평가 및 기후변화에 관한 국제 연합 기본 협약(UNFCCC)의 실행에 관한 보고서를 발행하는 것이 주 임무임.

상운송에서 소비된 연료소모량을 기반으로 2008부터 2012까지의 실제 소모량을 통한 2014 IMO GHG Study가 수행되었다. 이 결과로 2014년 IMO GHG Study 연구결과를 통하여 도출된 해운 분야의 온실가스 배출량은 <그림 1-2>에서 알 수 있듯이 2.6%로 감소하였다.

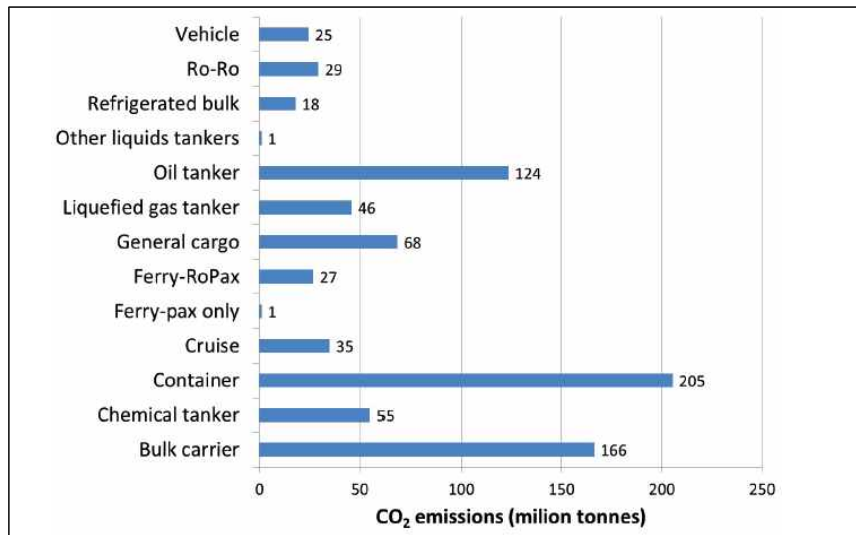
〈그림 1-2〉 국제해운 분야의 CO₂ 배출량

Year	Global CO ₂ ¹	Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	31,409	1,100	3.5%	885	2.8%
2008	32,204	1,135	3.5%	921	2.9%
2009	32,047	978	3.1%	855	2.7%
2010	33,612	915	2.7%	771	2.3%
2011	34,723	1,022	2.9%	850	2.4%
2012	35,640	938	2.6%	796	2.2%
Average	33,273	1,015	3.1%	846	2.6%

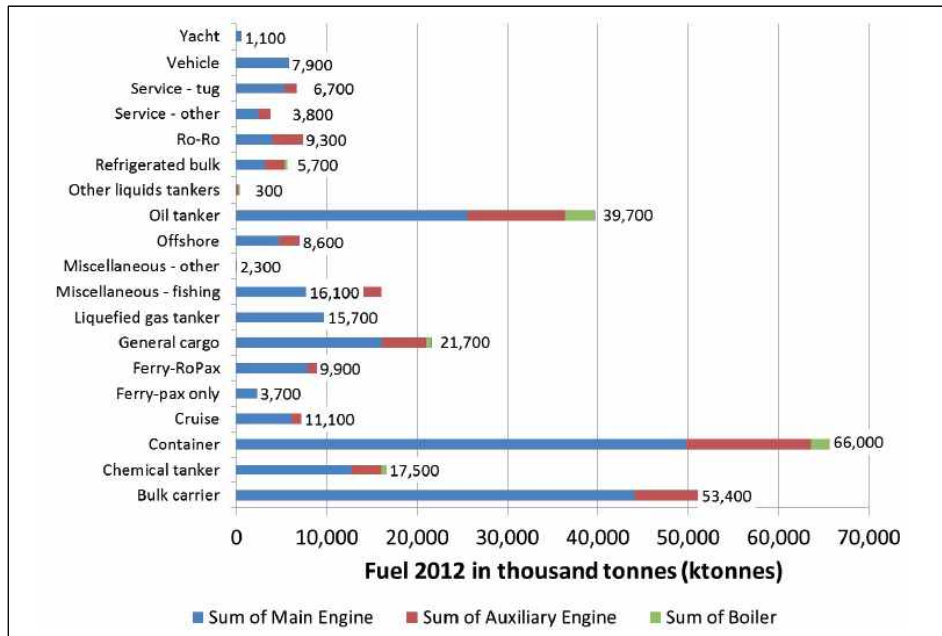
자료: 2014 IMO GHG Update Study

특히, 2014년 IMO GHG Study를 통하여 아래 <그림 1-3>과 같이 선종별 온실가스 배출현황 및 <그림 1-4> 배출원인별 온실가스 배출현황을 알 수 있다.

〈그림 1-3〉 선종별 CO₂ 배출현황



자료: 2014 IMO GHG Update Study

〈그림 1-4〉 선박의 종류별 및 원인별 CO₂ 배출량

자료: 2014 IMO GHG Update Study

마지막으로 본 연구에서는 지금까지 제시된 친환경선박에 대한 기술적용과 관련하여 실제 선박에 도입하여 얻은 경제적 효과와 실효성에 대한 실제 기술 분석과 비용절감효과를 고려하여 친환경기술의 도입확대 필요성에 대한 논거를 제시하고자 하였다.

이를 통하여 친환경선박에 대한 환경보호 측면에서의 효과와 비용절감효과에 대한 분석을 통하여 최적화된 친환경기술을 선박에 적용하기 위한 기술 분류, 적용가능성에 대한 분석, 해운기업의 친환경기술 확보를 위한 여건과 전망 분석, 정부의 친환경선박 정책 강화 필요성에 대한 근거 자료 제시하였다. 결과적으로 이 연구에서는 우리나라 해운경쟁력의 제고를 위한 친환경기술 확대 적용방안과 정부에서 추진해야 하는 친환경기술 정책과제와 해운기업에서 추진해야 하는 친환경기술 혁신과 추진과제를 도출하여 제시하고자 하였다.

〈표 1-1〉 선행연구와의 차별성

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	1	△ 녹색해운 전망과 대응전략 - 연구자(연도): 임종관 (2010) - 연구목적: 녹색해운의 개념과 구조를 정립하고 녹색패러다임 대응을 위한 우리나라의 문제점 점검·분석하여 정책대안 제시	- 문헌조사, - 워크숍, - 세미나, - 설문 및 면담조사	- 체계화되지 않은 녹색해운에 대한 개념 정립 - 녹색해운의 내용과 조건들을 검토하고 IMO 협약 내용 검토 - 녹색해운의 실체와 개념에 대한 시사점 도출 - 중국의 환경 관련 해운정책 파악 - Green Database System, 녹색해운 거래기반, 선박수리조선 육성 제안
	2	△ 해운 분야 녹색성장 기반구축 연구 - 연구자(연도): 장영태 (2010) - 연구목적: Green Shipping 동향분석, 우리나라 해운산업의 Green Shipping 성장 전략 제시	- 문헌조사, - 인터뷰, - 설문조사	- IMO 온실가스 배출저감 관련조치의 동향 분석 - 주요선사의 녹색해운 대응현황 및 국내선사의 Green Shipping 인지도 조사 - 국제해운과 항공부문 규제의 실행상 문제점 제기 - EU-ETS 시행에 대한 분석과 문제점 평가
	3	△ 친환경선박 개발을 위한 ET-조선 기술 융·복합 산업 기술인력 수급 전략 연구 - 연구자(연도) - 연구목적: 친환경선박 개발을 위한 ET-조선 기술 융·복합 산업 기술인력 수급전략을 개발하여 제시	- 문헌조사, - 인터뷰, - 세미나, - 워크숍	- 친환경 선박의 개요 및 등장배경 - ET-조선 산업의 정의 - 국내외 친환경선박의 관련 ET-조선 산업의 필요기술 - 국내·외 친환경 선박 관련 ET-조선 기술 특허현황 - 전문 인력 수급 분석 및 전망 - 국내 ET-조선 산업의 현황과 구조적 특징 - 정부정책 건의

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	4	△ Second IMO Greenhouse Gas Study 2009 - Consortium led by MARINTEK(DNV, NMRI, CE Delft etc) - Technological and operational potential for reduction of emissions - Policy options for reductions of GHG and other relevant substances	- Analysis of GHG data - The Steering Committee for the Second IMO GHG study 2009 - IMO consultants and experts - Interview	- Scenarios for future emissions from international shipping - Climate impact - Comparison of emissions of CO₂ from ships with emissions from other modes of transport - Estimation of CO₂ marginal abatement costs for shipping - Emission-reduction technology options - Calculation of energy distribution on board ships
본 연구		△ 우리나라 선박의 친환경기술 적용 확대방안 마련 - 우리나라 해운기업의 친환경선박 기술 도입실태 분석 - 정부의 정책과제와 해운기업의 추진과제를 제시	- 문헌조사 - 면담조사 - 현장실태조사 - 전문가 회의	- 해운환경 변화와 친환경선박 확보 여건과 전망 - 친환경선박의 환경보호 및 비용절감 효과 분석 - EU 등 주요국 해운기업의 친환경선박 확보 전략 및 시사점 제시 - 친환경선박 정책의 목표 및 기본방향 제시 - 친환경선박 정책 강화 필요성과 친환경기술 적용 확대방안 마련

제2장 친환경선박 도입과 해운산업의 변화

제1절 친환경선박의 정의 및 기술 분류

1. 친환경선박의 정의

친환경선박(Green Ship)의 개념은 통상적으로 환경을 고려하여 선박으로부터 배출되는 모든 해양오염¹³⁾물질, 대기오염물질¹⁴⁾, 선박에너지효율설계지수(EEDI)¹⁵⁾를 만족시키는 선박(Eco-Ship)¹⁶⁾을 말한다.

친환경선박의 정의와 관련하여 덴마크 해양산업체 협동조합에서는 선박으로부터 발생하는 대기오염물질을 줄이는 것(Green Ship)이라고 정의하였으며, 산업통상자원부의 제5차 산업기술로드맵의 조선해양 분야 최종보고서에서는 환경변화를 고려한 친환경성 청정 선박(Clean Ship) 및 첨단 친환경기술을 접목시킨 신개념의 선박(Green Ship)으로 정의하였다. 일본의 경우, Super Eco-Ship Project에서 기존의 이산화탄소(CO₂)의 25%, NO_x의 90%, SO_x의 60%를 감소시킬 수 있는 연료와 추진설비 및 선박의 선형설계를 갖는 선박을 친환경선박(Super Eco-Ship)으로 정의하고 있다.¹⁷⁾ 특히, IMO에서는 신조선 에너지효율설계지수(EEDI)의 관련 요건을 만족시키는 선박을 친환경선박이라 한다.

이 연구에서는 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 6의 제4장(에너지효율

¹³⁾ “해양오염”이라 함은 해양에 유입되거나 해양에서 발생하는 물질 또는 에너지로 인하여 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 상태를 말한다(해양환경관리법 제2조 제1호).

¹⁴⁾ “대기오염물질”이라 함은 오존층파괴물질, 휘발성유기화합물과 「대기환경보전법」 제2조제1호의 대기오염물질(질소산화물-NO_x, 황산화물-SO_x 등 입자상물질과 그 화합물을 포함) 및 같은 조 제3호의 온실가스(GHG) 중 이산화탄소를 말한다(해양환경관리법 제2조 제13호).

¹⁵⁾ 앞의 주석7 참조.

¹⁶⁾ 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서6의 제4장(선박의 에너지효율규정)의 제20규칙(Attained EEDI).

¹⁷⁾ 김정환 외 12명, 앞의 연구보고서.

관리)에 따라 모든 선박은 선박에너지효율관리계획서(SEEMP)를 선박에 비치하여야 하므로 이를 만족하면서 신조선의 경우 2013년 1월 1일 발효된 선박에너지효율 설계지수(EEDI)를 만족시키는 선박을 말하며 현존선의 경우 선박에너지효율운항지수(EEOI)를 만족시키는 선박을 친환경선박이라고 정의한다.

IMO 협약에서 요구하는 친환경선박은 국제법에 의한 국가의 책무와 선박운항의 직접적인 영향을 미치는 사항을 고려하여 국제협약을 이행하여야 한다. 특히 친환경선박의 경우, IMO 협약에서 요구하는 국제대기오염방지증서(IAPP)¹⁸⁾ 외에 선박에너지효율적합증서(IEEC)¹⁹⁾를 비치하여야 한다. 또한 해양오염방지 협약(MARPOL 73/78)의 부속서 6의 제4장(에너지효율관리)의 제20규칙에서 요구하고 있는 선박에너지효율설계지수(EEDI)에 대하여 개별선박에 의하여 실제로 달성된 에너지효율설계지수(Attained EEDI)²⁰⁾와 같은 협약 제21규칙에서 요구하고 있는 특정한 선박의 종류와 크기에 따라 허용되는 에너지효율설계지수의 최대값(Required EEDI)²¹⁾을 만족시켜야 한다.

아래의 <그림 2-1>은 신조선과 현존선박에 적용되는 설계지수와 운항지수의 값을 구하기 위하여 사용된 주요 사항들과 이 두 지수 값의 상관관계를 나타내고 있다. 지수 값에 절대적인 영향을 미치는 가장 중요한 요소로는 화물량, 선박의 속도, 주기판의 마력, 연료소모량 등이라고 할 수 있으며 단위로는 g/ton mile로 계산된다. IMO 국제협약에서 정의한 친환경선박의 조건으로는 친

18) “국제대기오염방지증서(IAPP, International Air Pollution Prevention Certificate)”는, MARPOL 부속서 제6장 제6규칙에서 정한 국제항해 총톤수 400톤 이상의 선박에는 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등의 규제내용에 적합하게 선박이 운항되고 있음을 증명하는 서류를 말한다(MARPOL Annex VI, Reg. 6).(자료: 박한선, 선박온실가스 배출규제를 위한 국가책임과 이행방안에 관한 연구, 2014.08.)

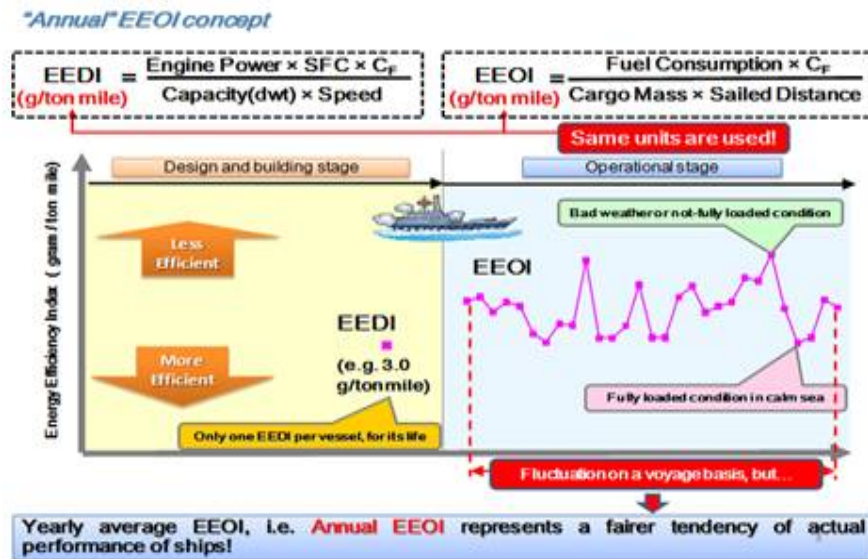
19) “국제선박에너지효율증서(IEEC, International Energy Efficiency Certificate)”는 선박이 에너지효율 설계지수(EEDI)와 선박에너지효율관리계획서(SEEMP)에 대한 검사를 받고 적합하다고 인정하는 주관청으로부터 받은 증서를 말한다(MARPOL Annex VI, Reg. 6).

20) “Attained EEDI” is the EEDI value achieved by an individual ship in accordance with regulation 20 of chapter 4.(개별선박에 대한 실현가능한 에너지설계효율지수 값, MARPOL 부속서 제6장 제2규칙).

21) “Required EEDI” is the maximum value of attained EEDI that is allowed by regulation 21 of chapter 4 for the specific ship type and size (특별선박의 종류 및 크기에 따라서 협약에서 허용된 범위 내에 에너지효율설계지수 중 최대값, MARPOL 부속서 제6장 제2규칙).

환경기술을 적용하여 에너지절감을 통한 지속적인 에너지효율을 높이는 노력이 요구된다고 하겠다. 특히 현존선의 경우 다양한 친환경기술을 선박의 특성에 맞게 적용하여 에너지효율을 높이는 것이 관건이라고 볼 수 있다.

〈그림 2-1〉 연간 EEOI 개념



자료: IMO M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, 2016.

2. 친환경기술의 분류

1) 선박에 적용되는 친환경기술

국제협약에서 요구하는 친환경선박의 정의와 요건을 만족시키기 위하여 선박 속도감소, 화물량 조건 이외에 에너지효율설계지수(EEDI)와 에너지효율운항지수(EEOI)를 높이기 위하여 사용되는 친환경기술에는 어떤 종류의 친환경기술들이 적용되고 있는지 살펴볼 필요가 있다. 선박의 종류에 따라 적용될 수 있는 친환경기술은 <표 2-1> ~ <표 2-5>와 같이 분류할 수 있으며, <그림 2-1>에서는 친환경기술 적용에 따른 연료소비 감소율을 확인할 수 있다.

〈표 2-1〉 주기관 관련 친환경기술

NAME	FUNCTION	TECHNICAL MATURITY	APPLICABILITY
Auxiliary systems optimization	Optimizing auxiliary systems to actual operational profiles, not design conditions	Semi-mature	All vessels
Engine de-rating	De-rating an engine for reduction of the vessel's maximum speed to increase its efficiency by limiting the potential power output	Semi-mature	Vessels sailing 10-15% slower than design speed
Engine performance optimization (automatic)	Automatic increase of engine efficiency through testing and tuning according to actual operational load and conditions	Semi-mature	Mainly for two stroke engines
Engine performance optimization (manual)	Manual increase of engine efficiency through testing and tuning according to actual operational load and conditions	Mature	All vessels
Exhaust gas boilers on auxiliary engines	Exhaust gas boilers recover the heat from the exhaust gas of auxiliary engines to generate steam, hot water or heat for process heating	Semi-mature	Vessels without shaft generator
Hybridization (plug-in or conventional)	Use of electricity to replace various modes of power consumption	Semi-mature	Vessels with large fluctuations in power output (ferries, offshore vessels, tugs)
Improved auxiliary engine load	Increase of the auxiliary engines' load and efficiency by reducing the number of auxiliary engines running	Semi-mature	All vessels
Shaft generator	Produce electricity from the main propulsion engine	Mature	All vessels with high power needs and long transits
Shore power	Use of cold ironing in ports to reduce fuel consumption on power producing engines	Semi-mature	For smaller vessels and in ports with developed solutions for larger vessels
Steam plant operation improvement	Improve operations and maintenance of steam plant system saving fuel on oil fired boiler	Mature	Mainly crude and product tankers
Waste heat recovery systems	Recover thermal energy from the exhaust gas and convert it into electrical energy	Semi-mature	All vessels with engines above 10 MW

자료: MEPC 70/5/8, Establishment of an information portal for energy efficiency technologies for ships

〈표 2-2〉 추진기 및 선체 관련 친환경기술

NAME	FUNCTION	TECHNICAL MATURITY	APPLICABILITY
Air cavity lubrication	Use of air injection on the wetted hull surfaces to improve a ship's hydrodynamic performance	Not mature	Most vessels in deep sea trade
Hull cleaning	Removal of fouling on the hull to increase the vessel's hydrodynamic performance	Mature	All vessels
Hull coating	Reduction of the hull's resistance through water	Mature	All vessels
Hull form optimization	Optimizing the hull for lower resistance through water	Mature	All vessels
Hull retrofitting	Retrofitting of the bulbous bow, optimizing thruster tunnels or bilge keel to reduce resistance	Mature	All vessels
Propeller polishing	Removal of fouling on the propeller	Mature	All vessels
Propeller retrofitting	Retrofitting the propeller to increase efficiency	Semi-mature	All vessels
Propulsion Improving Devices (PIDs)	Installation of propulsion improving devices	Mature	All vessels

자료: MEPC 70/5/8, Establishment of an information portal for energy efficiency technologies for ships

〈표 2-3〉 에너지 소비 관련 친환경기술

NAME	FUNCTION	TECHNICAL MATURITY	APPLICABILITY
Cargo handling systems (Cargo discharge operation)	Reduction of energy consumption while discharging crude oil by use of model-based studies of the discharge operation	Semi-mature	Tankers
Energy efficient lighting system	Use of energy efficient lighting equipment, such as LED light, to increase efficiency and remove heat loss from light devices	Mature	All vessels
Frequency controlled electric motors	Regulating the frequency of the motors in order to adapt the motor optimized load	Mature	All vessels

자료: MEPC 70/5/8, Establishment of an information portal for energy efficiency technologies for ships

〈표 2-4〉 에너지 회수 관련 친환경기술

NAME	FUNCTION	TECHNICAL MATURITY	APPLICABILITY
Fixed sails or wings	Use sails or wings to replace some of the propulsion power needed	Not mature	Vessels with enough place on deck (general cargo, tankers, bulkers)
Flettner rotors	Use Flettner rotors to generate power from wind energy	Not mature	Dependent on trading area and sufficient free deck-surface
Kite	Use a kite to replace some of the propulsion power needed	Not mature	All vessels
Solar panels	Install solar panels for conversion of solar energy to electricity	Not mature	Dependent on trading area and sufficient free deck-surface

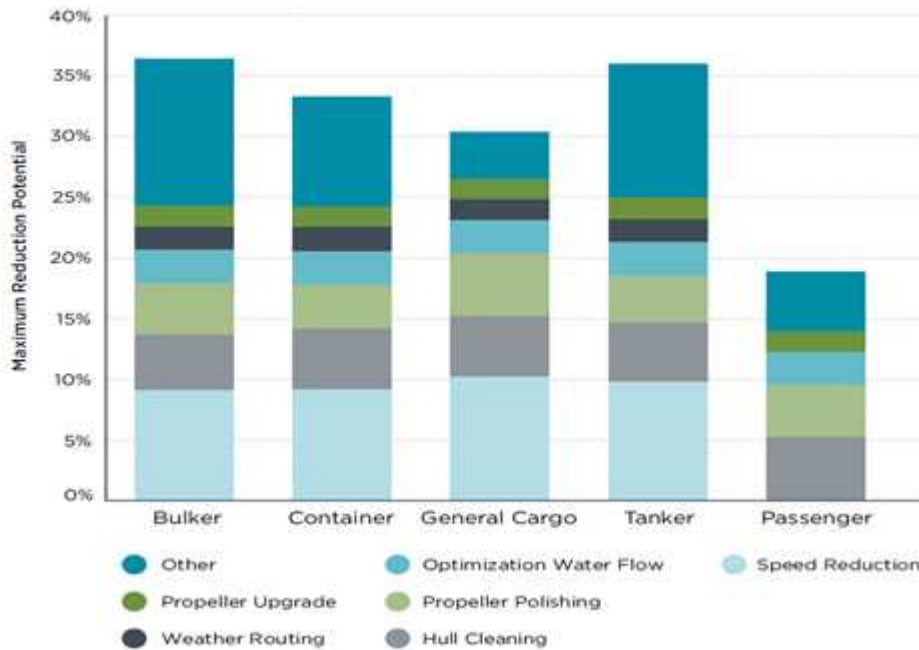
자료: MEPC 70/5/8, Establishment of an information portal for energy efficiency technologies for ships

〈표 2-5〉 운항 최적화 관련 친환경기술

NAME	FUNCTION	TECHNICAL MATURITY	APPLICABILITY
Autopilot adjustment and use	Use of an automatic system to control the vessel's rudder in a more energy efficient manner	Mature	All vessels
Combinator optimizing	Use of optimized pitch settings and propeller speed for optimized efficiency of propulsion system	Mature	For vessels with controllable pitch propeller
Efficient DP Operation	Optimize the operation in DP mode	Semi-mature	Vessels with DP mode
Speed management	Management of the vessel's speed in the most efficient manner	Semi-mature	All vessels
Trim and draft optimization	Optimizing the trim and draft to reduce the vessel's water resistance	Semi-mature	All vessels
Weather routing	Including weather conditions when planning a voyage	Mature	All vessels

자료: MEPC 70/5/8, Establishment of an information portal for energy efficiency technologies for ships

〈그림 2-2〉 선종별 연료소비 최대감소율



자료: DNV-GL 연구보고서 참조

이와 같은 분류에 따라 선박에 적용될 수 있는 다양한 친환경기술이 개발되었고 개발 중에 있다. 그러나 친환경기술의 적용을 위해서는 신조선박에 적용할 수 있는 친환경기술과 현행 운항선박에 적합한 친환경기술로 분류할 수 있으나 결과적으로 비용이 수반되는 문제이므로 해운회사의 투자의지가 가장 중요하다 할 수 있다. 상기의 친환경기술의 분류에 따라 해운회사에서 적용하고 있는 친환경기술 실태조사를 한 결과는 감속운항, 선체도장, 프로펠러 성능개선(Propeller Polishing)²²⁾을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

²²⁾ 프로펠러 폴리싱(Propeller polishing)은 선박의 프로펠러 및 스러스트 블레이드를 유압기계를 사용하여 소제 및 광택을 내는 것을 말하며, 영국의 뉴캐슬 어폰타인 대학 연구에 따르면 프로펠러 오염에 따라 선박 추진력을 20% 감소시킬 수 있다는 연구결과가 있다.

2) 친환경기술 인증기관별 분류기준

실제 에너지효율이 높은 친환경선박을 확보하기 위한 노력으로 해당선박에 친환경기술을 적용하였을 때 연료소비량이 얼마나 감소하였는지에 대한 감축률이 중요하다. 또한 연료소비에 대한 최대감축률이 실제로 해당선박에 나타날 수 있는지에 대한 객관적인 검증절차의 정립이 필요하다. 특히, 해운회사의 친환경기술에 대한 투자를 촉진하기 위해서 인증기관에서는 친환경기술을 어떻게 분류하고 인증업무를 수행하고 있는지가 또한 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 친환경기술에 대한 인증기관별 분류와 인증심사업무에 대하여 살펴보면 아래와 같이 나타났다.

(1) 한국선급

한국선급은 2012년 7월 1일부터 친환경선박에 대한 부호를 대신하여 인증서 발급업무를 수행하고 있다. 선박관리모듈, 선박운항모듈, 협약적용모듈로 3가지로 세분화하여 해당 항목에 대한 충족여부에 따라 친환경선박 등급을 부여하여 인증서를 발급하고 있다.

첫째, 선박관리모듈은 ISO 14001 환경관리시스템, 온실가스 총 배출량을 산정한 온실가스 인벤토리, 녹색경영체계²³⁾ 또는 인증서 및 선박 친환경성 평가지표(Clean Cargo Working Group²⁴⁾, Clean Shipping Index²⁵⁾ 등의 관리유무를 평가한다.

둘째, 선박운항모듈은 선박에너지효율관리계획서(SEEMP) 비치유무, 선박연료유의 관리, 선박에너지효율운항지수(EEOI) 관리 및 이산화탄소발자국(Carbon Footprint)²⁶⁾ 관리 등의 내용을 포함하고 있다.

²³⁾ 녹색성장기본법 부칙 제4조 제13항에 따라 환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률 일부를 개정하여 녹색경영체계를 2011년 7월부터 인증하였으나, 2016년 8월 현재 인증사례는 답보 상태이다.

²⁴⁾ 미국 Business for Social Responsibility 비정부기구 산하 해운선사 및 화주들의 협력체로써 매년 선박의 환경실적을 회원사 간 공유하며 환경영향을 지속적으로 감소하도록 하는 자발적 운동이다. 참여기관으로 MAERSK LINE, MSC, 현대상선, 한진해운 등 주요 선사들이 참여중이다.

²⁵⁾ 스웨덴계열 화주사들이 주축이 되어 화물에 대한 운송선사의 환경실적을 매년 제공토록 함으로써 선사의 환경영향을 감소토록 하는 역할을 하고 있다.

셋째, 협약적용모듈은 선박에너지효율설계지수(EEDI)²⁷⁾, 평형수관리시스템²⁸⁾, 유해 물질목록(Part I)²⁹⁾과 같은 국제해사협약에서 별도 요구하는 항목을 충족할 것을 요구한다.

한국선급 친환경선박 인증 등급은 각 모듈별 세부항목의 충족여부를 평가하여 등급을 명기한 인증서를 발행하고 있으며 세부 요건을 정리한 내용은 다음과 같다.³⁰⁾

〈표 2-6〉 한국선급 친환경선박 인증 등급

친환경선박 인증 등급	적용	Green Ship 1	Green Ship 2	Green ship 3	Green Ship 4
선박관리모듈					
ISO 14001 인증	회사 또는 선박	○	○	○	○
온실가스 인벤토리 검증	회사 또는 선박	×	○	○	○
녹색경영체계 또는 동등 인증서	회사 또는 선박	×	×	○	○
선박 친환경성 평가지표 관리	현존선	×	×	×	○

26) 개인 또는 단체가 직접간접적으로 발생시키는 온실 기체의 총량을 의미한다. 여기에는 이들이 일상생활에서 사용하는 연료, 전기, 용품 등이 모두 포함된다. (자료: 기후변화 네트워크 사이트에서 인용)

27) MARPOL 부속서 6장 21조 1항에 따르면, 신조선박, 주요개조를 거친 각 신조선박 그리고 주요개조가 매우 광범위하여 주관청이 새로이 건조되는 선박으로 간주하는 각 신조선박 또는 현존선박은 에너지효율설계지수를 만족하여야 한다. 선박에너지효율설계지수는 2013년부터 적용하였으며 2015년부터 2025년까지 매 5년 간격으로 감축계수가 강화된다.

28) 선박평형수관리협약 D-2 평형수 배출성능기준에 관한 규칙을 준수하기 위해서는 평형수처리장치 설치가 불가피하다. 이에 대한 설치 기한은 현존선은 협약 발효 후 도래하는 첫 번째 국제유류오염방지증서 정기검사일까지 그리고 협약 발효 후 용골 거치되는 신조선은 인도 시까지 평형수처리장치 설치를 통해 D-2 규칙을 충족하여야 한다.

29) 선박재활용협약 부속서 5조에 따르면, 협약 발효 후 계약되거나 용골거치되는 신조선은 협약 발효 후 유해물질목록 Part I 을 즉시 보유하여야 하며, 그 외 현존선은 협약 발효일로부터 5년 이내 유해물질목록 Part I 을 보유하여야 한다. 유해물질목록은 크게 Part I, II, III 로 구분된다. Part I 은 선박의 구조 또는 기기 장비에 포함된 물질에 관한 내용이며, Part II 는 선박 운항상 발생하는 폐기물, Part III 는 선박 Store에 포함된 물질에 관한 내용이다. Part I 과 달리, Part II, III 는 선박재활용시설에 가기 전 준비하면 된다.

30) 한국선급 제공 자료 재가공

친환경선박 인증 등급	적용	Green Ship 1	Green Ship 2	Green ship 3	Green Ship 4
선박운항모듈					
선박에너지효율 관리계획서	선박	○	○	○	○
선박연료유관리	선박	×	○	○	○
선박에너지효율 운항지수 관리	현존선	×	×	○	○
이산화탄소발자국 관리	회사	×	×	×	○
협약적용모듈					
선박에너지효율 설계지수	신선	○	○	○ (11~19%)	○ (11~19%)
평형수관리시스템	선박	×	×	○	○
유해물질목록(Part I)	선박	×	×	×	○

(2) 미국선급(ABS)

미국선급은 2001년부터 Environmental Safety(ES) 부호를 부여한 바 있다. ES 부호를 부여하기 위하여 미국선급은 MARPOL 부속서 1장부터 6장 규칙을 준수뿐만 아니라 NOx Technical code, 오존층파괴물질에 관한 몬트리올의정서, 국제해사기구 선박소각기 결의서, 화물 유증기배출관리시스템 및 평형수에 관한 국제규칙을 준수할 것을 요구하였다.

2009년부터 친환경선박에 관한 부호정책을 개정하여 기존 ES부호 대신, ENVIRO 및 ENVIRO+ 부호를 부여하고 있다. ENVIRO부호는 환경영향을 줄이기 위한 선박구조설계, 선박관리시스템, 방오도료, 수질오염(유류, 독성물질, 오수, 쓰레기, 평형수), 대기오염(질소산화물, 황산화물, 유증기, 소각기, 냉매, 소화장치) 등에 관한 내용을 중심으로 평가한다. ENVIRO+ 부호는 ENVIRON 부호보다 엄격한 기준을 통과하는 선박에 대해 부호를 부여한다.

(3) 프랑스선급(BV, Bureau Veritas)

프랑스선급은 CLEANSHIP 및 CLEANSHIP SUPER라는 선급 부호를 개발하여 자발적 차원으로 요청하는 선박에 부여하고 있다. 기준은 수질오염(15 ppm oil filtering equipment, Oil content meter, Sewage treatment plants, Ballast water treatment system), 대기오염(Shipboard incinerator, Exhaust gas cleaning system, Selective catalytic reduction system, Nox monitoring system) 대응 기술 탑재 수준에 따른다. 또한, 육상전원 사용 장치, 현저하게 오염물질을 감축하거나 탱커선 유증기관리시스템 장착 선박에 대해서는 별도 부호를 부여하여 선박의 친환경성을 인증하고 있다.

(4) 영국선급(LR, Lloyd's Register)

영국선급은 ECO 부호를 제공하고 있다. ECO 부호로 지정받기 위해서는 기본적으로 선체방오도료협약, 평형수관리협약, 해양오염방지협약을 준수하여야 한다. 또한, 질산화물, 황산화물, 에너지관리시스템, 냉매, 소화시스템, 유류오염방지, 쓰레기, 오수의 처리, 선체방오도료, 평형수, 유증기관리시스템에 관한 기준을 충족하여야 한다. 또한 유류를 산적화물형태로 운송하는 선박의 경우 별도의 기준을 충족하여야 한다.

(5) 이탈리아선급(RINA)

이탈리아선급은 GREEN PLUS 부호를 제공하고 있다. GREEN PLUS 부호는 자발적으로 부여되고 있으며, 수질환경 및 대기환경에 관한 다음의 사항이 관리되어야 한다. 수질환경 분야는 유류, 산적화물보관, 오수, 폐수, 쓰레기, 평형수 및 소음에 관한 내용이 포함되어 있다. 대기환경 분야는 오존층파괴물질, 온실가스, 질산화물, 황산화물, 미세먼지, 이산화탄소 및 선박유해물질에 관한 내용이 포함되어 있다. GREEN PLUS 부호는 이 가운데 최소 9개 이상의 분야에 대한 감소대책이 마련될 것을 요구하고 있으며 이로 인한 평가 점수가 일정 점수를 상회하여야만 부여된다.

(6) 기타 선급

대기환경 및 수질환경 보호관점에서 DNV·GL은 CLEAN 및 CLEAN DESIGN 부호를 부여하고 있으며, CLASS NK는 EA 부호를 부여하고 있다. 그 외 에너지효율에 따라 분류할 수도 있는데 비정부기관인 CARBON WAR ROOM³¹⁾과 RIGHT SHIP³²⁾은 선박에 대한 에너지효율 개선을 목적으로 SHIPPING EFFICIENCY라는 사이트를 2010년 개설하였다. 해당 사이트는 전 세계 모든 선박을 대상으로 MARPOL 부속서 6장 20조의 선박에너지효율설계지수(Energy Efficiency Design Index, EEDI)와 유사한 개념의 현존선 설계지수(Existing Vessel Design Index)³³⁾를 개발하여 현존선에 대한 에너지효율을 평가하고 이를 공개하고 있다. Open Source(선급, IHS Fairplay)를 이용하여 산정하며 동형선 및 유사 크기의 선박 40개 이상을 대상으로 상대비교 평가 및 Rating 하여 A등급부터 G등급까지 선박을 평가하고 있다. 즉 A등급의 선박은 비교 평가 대상 선박 가운데 상위 2.5% 내에 속하는 고효율선박을 의미하며 G등급의 선박은 하위 2.5% 내에 속하는 에너지효율을 의미한다고 한다. 선박에너지효율설계지수(EEDI)가 주로 신조선³⁴⁾에 적용되는 개념임에도 불구하고 현존선박의 설계지수를 현존선박까지 확대 적용함에 있어 사용되는 부정확한 계산요소에 대한 논란이 있다. 그러나 대형화주사들은 선박을 용선함에 있어 이러한 현존선박 설계지수를 활용하여 에너지 저효율적인 선박은 더 이상 용선하지 않겠다는 발표³⁵⁾한 바 있으며 시장의 호응을 얻어가고 있다.

31) 2009년 영국 Virgin 그룹 설립자 Richard Brandson 및 몇몇 인사를 통해 설립된 비정부기관으로써 저탄소경제사회 구현을 위한 적극적인 비즈니스 솔루션 도입을 추진하고 있다.

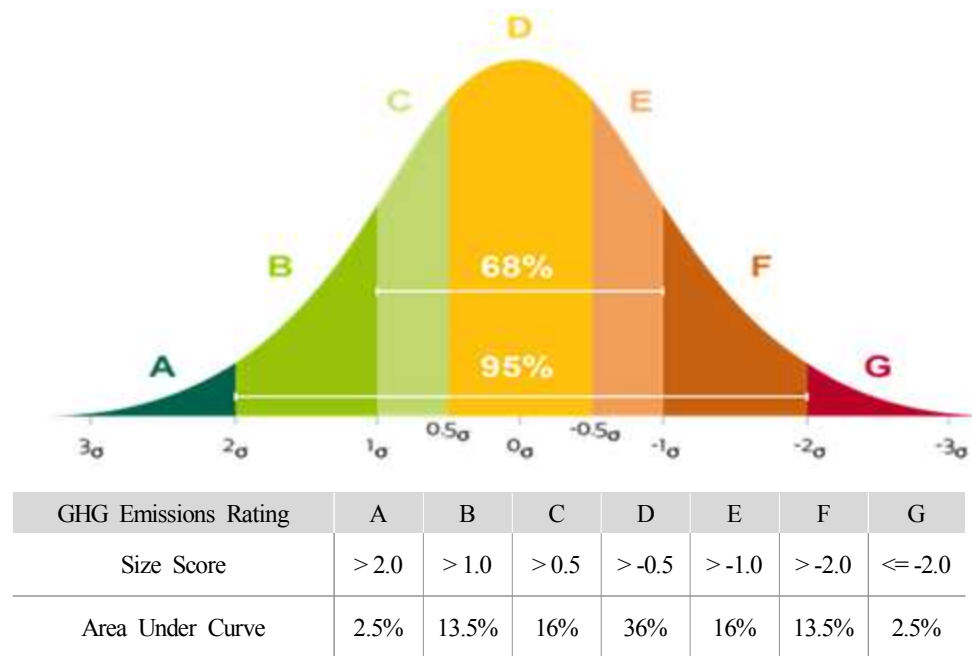
32) RIGHT SHIP 회사는 국제 해양산업의 안전과 효율성 증진을 도모하기 위한 목적으로 2001년에 설립되었다. 이 회사는 화물의 안전한 운송을 보장할 목적으로 기준미달선박에 대하여는 화물의 선적에 대한 제한을 두는 역할을 위하여 전 세계 운항중인 선박을 선박 상태별 등급화를 실시하여 6만여 척 선박정보 서비스를 제공하고 있다.

33) EVDI(Existing Vessel Design Index)는 전 세계 6만여 척의 선박에 대하여 유사 선박규모 및 선형과 비교가 가능하도록 온실가스 배출등급을 A(최대효율)부터 G(최소 효율)까지 나누고 선박의 이론적 온실가스 방출 및 관련 에너지효율성을 결정한다. <<http://www.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=14596>> 검색: 2016.8.20.

34) 주요개조를 거친 각 신선 그리고 주요개조가 매우 광범위하여 주관청이 새로이 건조되는 선박으로 간주하는 각 신조선박 또는 현존선박에도 적용된다.

특히, 최근 대형 화주들은 EVDI 기반의 선박 에너지효율평가를 활용하여 선박에 적용하여 친환경선박의 에너지효율을 고려한 후 선박을 용선하여 사용하고 있다.³⁶⁾ 아래의 <그림 2-3>은 현재 제공되는 EVDI에 대한 A등급부터 G등급까지의 현황을 나타내고 있으며 D 등급이 차지하는 비율이 가장 높은 것으로 보여주고 있다.

<그림 2-3> EVDI 선박평가 등급



자료: The maritime Industry Knowledge Centre

³⁵⁾ <<http://www.cargill.com/news/releases/2012/NA3067609.jsp>>, 검색: 2016.8.12.

³⁶⁾ 2016년 4월 현재 전 세계 물동량의 20% 이상을 차지하는 대형 화주들이 EVDI 기반 선박 에너지 효율평가를 활용하여 선박용선 등의 결정에 활동하고 있다. 이러한 대형 화주는 다음과 같다. Baere Maritime, BHP Billiton, BP West Coast Products, Canpotex, Cargill, Dubai Supply Authority, Greenergy, HESS, Hudson Shipping Lines, Huntsman, Incitec Pivot Limited, Ixom, Nidera, Noble Chartering, Olam, Olin - Blue Cube, Par Pacific - HIE, Petroineos, PTTEP, Refidomsa, Rio Tinto, Saudi Aramco Products Trading Company, Scorpio Group, Targa Resources, The Mosaic Company, Total Gas & Power Chartering Ltd, Unipet UK and Z Energy.

또한 친환경기술의 가장 핵심요소는 연료소모량을 절감하는 것인데 연료소모량에 가장 큰 영향을 주는 주기관(Main Engine) 또는 보조기기에 따라 에너지효율 기술을 상세하게 분류하면 <표 2-7>과 같다.

<표 2-7> 주기관 및 보조기기에 따른 에너지효율기술 분류

Innovative Energy Efficiency Technologies				
Reduction of Main Engine Power			Reduction of Auxiliary Power	
Category A	Category B-1	Category B-2	Category C-1	Category C-2
Cannot be separated from overall performance of the vessel	Can be treated separately from the overall performance of the vessel		Effective at all time	Depending on ambient environment
	$f_{eff} = 1$	$f_{eff} < 1$	$f_{eff} = 1$	$f_{eff} < 1$
- low friction coating - bare optimization - rudder resistance - propeller design	- hull air lubrication system (air cavity via air injection to reduce ship resistance) (can be switched off)	- wind assistance (sails, Flettner-Rotors, kites)	- waste heat recovery system (exhaust gas heat recovery and conversion to electric power)	- photovoltaic cells

자료: MEPC 65/4/3 ANNEX 2. p.2

이상의 친환경기술 분류와 관련하여 살펴본 바와 같이 친환경선박에 대한 선급의 부호 부여정책의 경우 기관마다 상이하나 기본적으로 에너지효율개선 기술을 요구하고 있다.

전 세계에서 선박의 친환경성을 평가하는 것으로는 유일하다고 할 수 있는 SHIPPING EFFICIENCY 사이트의 경우 자료의 정확성에 대한 전문가들의 신뢰 의문에도 불구하고 에너지효율관점에서 선박을 평가하여 고효율선박에 대한 민간 차원의 호응을 이끌어 내고 있다. 선급의 경우 에너지효율개선 분야에 대한 보다 적극적인 보완이 필요하다고 하겠다.

제2절 친환경선박 도입배경과 해운산업의 환경변화

1. 친환경선박의 도입배경

1) 기후변화의 대응

지구온난화에 따른 전 지구적 차원의 대응으로 1992년 유엔기후변화협약의 채택되고 지속적으로 온실가스 감축을 위한 국제사회의 노력이 진행되어 오고 있다. 교토의정서를 거치면서 선진국의 온실가스 배출 감축의무가 처음으로 규제대상으로 되었지만 미국과 중국의 소극적인 태도로 국제사회는 합의를 이루지 못하였다. 그러나 지구온난화에 따른 이상기후변화현상은 특히, 태평양섬도서국가의 해안선이 사라지고 국지성 폭우와 해수면의 상승을 통한 기후변화에 따른 재해가 수없이 발생하게 되어 인류공동의 시급한 해결문제가 되었다.

기후변화의 대응 문제는 유엔의 지속가능한 개발목표(SDGs, Sustainable Development Goals)에서 가장 중요한 항목 가운데 하나이다. 이에 따라 2015년 12월 파리의정서를 채택하게 되었고 유엔을 비롯한 미국과 중국이 적극적으로 선도하면서 10개월 만에 발효 요건을 충족하여 2020년부터는 선진국과 개도국 모두 의무적으로 참여하는 자발적 감축의무(INDCs)를 지게 되었다.

유엔기후변화협약(UNFCCC)은 해상교통 분야의 온실감축에 관한 주요 정책과 감축목표 이행에 있어서 유엔의 12번째 특별기구인 IMO를 중심으로 관련협약과 지침규정을 제정하도록 위임하고 있다. 이에 따라 IMO는 선박으로부터 배출되는 온실가스 감축에 관한 규제협약을 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 6을 개정하여 2013년부터 신조선박에 대하여 시행해 오고 있다.

결국에 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 이행과 IMO 강제협약(MARPOL)의 이행 측면에서 제2장의 제1절에서 정의한 친환경선박은 필연적으로 해운업계에서 도입하여야 하는 사항이 되었다. 또한 관련 친환경기술의 지속적인 개발과 적용확대에 관한 사항은 선박에너지절약과 함께 효과적인 기후변화 대응을 위하여 해운산업계의 우선순위의 관심사가 되었다.

2) 에너지 고효율선박의 수요증가

세계경제의 침체가 장기적으로 계속됨에 따라 해운산업의 생존을 위한 경쟁력 확보를 위하여 해운회사는 원가절감을 위한 다양한 노력을 기울여 왔다. 2008년부터 본격적으로 IMO에서 선박에서 사용되는 연료유의 소모량을 저감하기 위한 다양한 방안이 검토되었고 이때 등장한 것이 선박에너지효율지수에 대한 규정개발이 검토되었다. 조선소에서는 이때부터 다양한 정부의 R&D를 바탕으로 친환경선박에 대한 기술개발을 추진하여 EEDI를 만족시키기 위한 다양한 시험을 실시하였다.

친환경기술의 외부요인을 제외한 EEDI의 가장 핵심요소는 화물량과 선박의 속도이다. 가장 효율적인 에너지절약 방법과 효율적인 운항은 대형선박으로 한번에 많은 화물량을 실어 나르고 경제적인 운항을 위하여 엔진을 최적화시켜 적은 연료소비를 통하여 선박을 운항하는 것이다.

이러한 것을 고려하여 등장한 것이 초대형 컨테이너선박이다. 머스크라인을 비롯한 유수의 해운기업들은 경기침체에도 불구하고 초대형컨테이너선을 지속적으로 발주하여 신조선박을 보유함으로써 대형 화주들에게 낮은 비용의 화물 운송료를 받고 상대적으로 친환경선박을 보유하지 못한 해운회사에 비해 비교우위에 있게 되었다.

결국 해운시장에서 에너지효율이 높은 친환경선박의 수요가 점점 더 커져서 현재는 1만 8천TEU급의 친환경선박의 등장뿐만 아니라 2만 2천TEU급의 초대형컨테이너선박이 등장하게 되었다. 특히 친환경선박과 관련하여 대형 화주들에게 실질적으로 전 세계에 운항하고 있는 선박을 대상으로 온실가스 배출등급을 시스템으로 만들어 에너지효율성이 높은 선박을 온라인에서 서비스하는 사이트가 등장하였다.

화주들은 에너지효율등급이 낮은 선박보다는 높은 선박을 선호하기 때문에 해운회사는 선박의 공급과잉에 대한 우려에도 불구하고 초대형컨테이너선박의 발주를 지속적으로 증대하고 있다.

2. 해운산업의 환경변화

1) 세계 물동량 변화와 친환경 선박의 증가

세계경제는 2009년 금융위기 이후 미국 금리인상, 중국 경제 성장률 둔화, 석유 가격의 약세로 인한 중동 및 남미 자원수출국 경제 위축 등으로 인해 저성장률이 지속되어 왔으며 이로 인해 세계 상품교역량 증가세 역시 완만한 감소 추세를 보여 주었다.

하지만 최근의 OECD 전망에 따르면 2016년 이후 전 세계 GDP 증가율은 차츰 회복되어 2016년 3.3%와 2017년 3.4%를 기록할 것으로 전망되며 이로 인해 컨테이너 물동량 증가율도 향후 다소 상승할 것으로 전망되고 있다.

또한 TTIP³⁷⁾, TPP³⁸⁾, FTAAP³⁹⁾, RCEP⁴⁰⁾ 등 글로벌 차원의 대형 FTA 확산에 따른 물동량 증가뿐만 아니라 아세안경제공동체(AEC)⁴¹⁾의 출범에 따른 역내 물동량 증가도 예상되고 있다.

37) TTIP(Transatlantic Trade and Investment Partnership: 범대서양 무역투자동반자협정)의 약어, 세계 GDP(국내총생산)의 약 반(33조 2,600억 달러, 세계 GDP 47%)을 생산하고 있고, 세계교역의 30%를 담당하고 있는 미국과 유럽 두 지역이 2013년 2월 13일부터 공식적으로 협상을 추진하기로 선언한 후 추진되고 있는 협상이다. (자료: 한국경제연구원, KERI Brief 13-05)

38) TPP(Trans-Pacific Partnership, 환태평양경제동반자협정)의 약어, 미국 일본 호주 싱가포르 등 아시아태평양 지역 12개국 간 지역 자유무역협정(FTA)으로 2015년 10월 협상이 타결 되었으며 2016년 말 정식 발효예정이다. (자료: 한경 경제용어사전, 2016.06.06. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2080054&cid=42107&categoryId=42107>)

39) FTAAP(Free Trade Area of the Asia-Pacific, 아시아태평양자유무역지대)의 약어, 아시아태평양 지역에 자유무역지대를 건설하는 것으로 세계 주요 21개국으로 구성된 APEC의 최종 목표이다. 2006년 베트남 APEC 정상회의 때 지역경제통합 증진 방안의 하나로 처음 제시됐는데, FTAAP는 중국이 주도적으로 추진하고 있으며 미국이 주도하는 환태평양경제동반자협정(TPP)에 대항하는 성격이 강한 것으로 여겨진다. (자료: 한경 경제용어사전, 2016.06.06. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2211423&cid=42107&categoryId=42107>)

40) RCEP(Regional Comprehensive Economic Partnership, 역내 포괄적 경제동반자협정)의 약어, 동남아시아국가연합(ASEAN) 10개국과 한중일, 호주, 인도, 뉴질랜드 등 16개국의 역내 무역자유화를 위한 협정으로 다자간 자유무역협정(FTA)이며 ‘아르셉’이라고도 한다. (자료: 트렌드 지식사전, 2016.06.06. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2070410&cid=55570&categoryId=55570>)

41) AEC(ASEAN Economic Community, 아세안경제공동체)의 약어, 싱가포르, 필리핀, 태국, 말레이시아, 미얀마, 인도네시아, 베트남, 캄보디아, 라오스, 브루나이 등 동남아시아국가연합(아세안) 10개 회원국이 결성, 2015년 12월 31일 출범한 경제 공동체이다. (자료: 한경 경제용어사전, 2016.06.06. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2118848&cid=42107&categoryId=42107>)

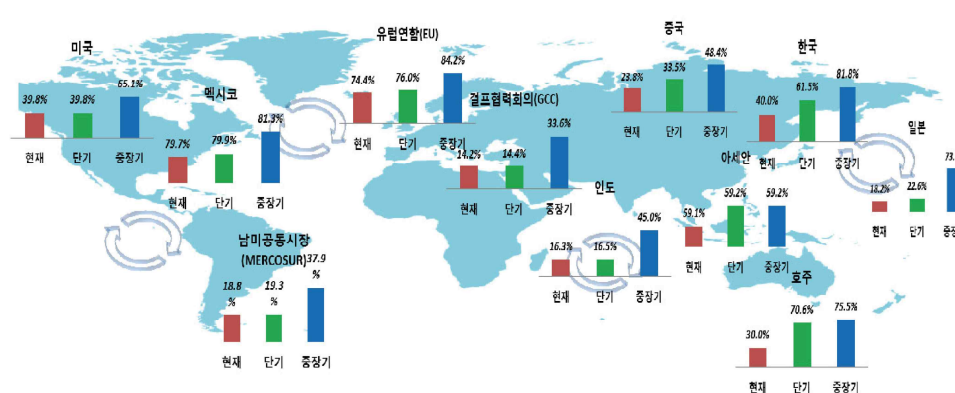
〈그림 2-4〉 컨테이너 물동량 승수효과 추이(2006-2017)



주: 붉은 원으로 표시된 숫자는 컨테이너 물동량 승수를 나타냄

자료: Clarkson; Global Insight; IHS; 2016년 KMI 해양수산전망대회 재인용

〈그림 2-5〉 세계해역별 컨테이너 물동량



자료: IMF, 한국무역협회 국제무역연구원 재인용, 2016년 KMI 해양수산물전망대회 재인용

친환경선박 확보에 가장 적극적인 덴마크의 머스크 선사가 2013년 7월에 세계 최초로 18,000TEU 컨테이너 선박을 정기선 항로에 투입⁴²⁾한 이후 전 세계적으로 18,000TEU 이상 초대형 선박의 척수는 가파른 증가세를 보이고 있다. 국적선사 내부 자료에 따르면 2015년 말 기준 35척 수준인 18,000TEU 이상 선박은 2018년경에는 100척에 달할 것으로 전망되고 있다. 18,000TEU 이상 선박을

42) 우리나라 대우조선해양이 2011년 머스크 선사로부터 수주한 20척의 18,000TEU급 컨테이너 선박 시리즈 가운데 처음으로 공급한 18,000TEU급인 맥키니 몰러(Mc-Kinney Møller)호로 이러한 점을 기념하기 위해서 2013년 7월 15일 세계 최초 기항지로 부산항을 선택하였다.

가장 많이 보유한 선사는 세계 최대 선사인 머스크 선사로 2015년 말 기준 전 세계 35척의 18,000TEU 이상 선박들 가운데 20척을 보유하고 있다.

이러한 친환경선박을 확보하기 위한 해운회사의 과열경쟁에 따른 초대형 선박의 급증은 중장기적으로 컨테이너 시장에 선복량 공급과잉 현상을 심화시킬 것으로 전망되고 있다. 지금도 공급이 수요를 초과하는 공급초과 현상을 심각하게 나타내고 컨테이너 시장의 경우 이러한 초대형 선박의 발주 증가는 향후 공급과잉 현상을 더욱더 심화시킬 요인으로 작용할 것으로 예상된다. 향후 컨테이너 선박은 12,000TEU 이상 선박의 선복량 증가율이 다른 중소형 선박들을 압도할 것으로 전망되고 있다.

〈표 2-8〉 세계 컨테이너 선복량 추이

(단위: 천TEU)

	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	연평균 증가율(%)
< 3,000TEU	4,190	4,086	4,014	3,994	4,035	-0.9
3,000-7,999TEU	7,358	7,439	7,437	7,472	7,381	0.1
8,000-11,999TEU	3,119	3,551	4,092	4,729	5,263	14.0
12,000+ TEU	1,576	2,067	2,694	3,429	3,955	25.9
합계	16,243 (5.9%)	17,133 (5.5%)	18,237 (6.4%)	19,623 (7.6%)	20,635 (5.2%)	6.2

자료: Clarksons, Container Intelligence Quarterly, 2Q 2015

2) 파나마 운하의 확장과 친환경선박의 증가

1914년에 완공된 파나마 운하는 개통 이후 태평양과 대서양을 연결하는 주요한 해상 교통로의 역할을 수행해 왔다. 2013년 기준 파나마 운하의 연간 물동량은 약 3억 2천만 톤, 연간 통행료 수입 24억 1천만 달러를 기록하였는데, 이는 2011년 수입인 5억 8천만 달러보다 약 4배 이상 증가한 수치이다. 향후 파나마 운하의 확장 공사가 완료되면 연간 통과 물동량이 3배 이상 증가할 것으로 파나마 정부는 예상하고 있다.

선박의 대형화 등으로 인해 기존의 운하로 수용 한계에 도달할 것을 예상한

파나마 정부는 운하의 폭을 넓혀⁴³⁾ 기존의 파나마스급(5,000TEU급)선박에서 포스트 파나마스급(1만 3,000TEU급) 선박의 통행이 가능하도록 만드는 파나마 운하를 2016년 6월 26일에 확장 개통하였다. 아래의 <표 2-9>에서 볼 수 있듯이 초대형컨테이너선박이 파나마 운하를 통과할 수 있으므로 기후변화의 대응 측면에서 온실가스 감축효과와 함께 파나마운하는 기존선박보다 EEDI 개선을 가져온 에너지 고효율선박의 증가를 가져올 것으로 예상된다.

<표 2-9> 파나마 운하 확장 전·후 시설 비교

		확장 이전	확장 이후	증가율(%)
선박	선박 크기	4,400TEU	12,600TEU	186%
	길이	294.1m	336m	24%
	폭	32.3m	49m	52%
	홀수	12.4m	15.2m	23%
갑문	길이	304.8m	427m	40%
	폭	33.5m	55m	64%
	깊이	12.8m	183m	43%

자료: 한국해양수산개발원, “해운조선행정책포럼 창립 및 제1회 세미나 발표자료”, 2016. 04. 28.

이러한 파나마 운하의 확장은 미국 동안 화물의 수송경로 선택에 영향을 미칠 것으로 예상되며, 수에즈 운하를 경유하는 물동량의 이전효과와 신규로 창출되는 미국 동안 물동량을 포함해 파나마 운하를 경유하는 항로의 물동량은 약 10% 정도 증가할 것으로 예상된다.⁴⁴⁾

예를 들어 홍콩-뉴욕 1만TEU급 기준 화물의 수송경로에 따른 비용분석 결과를 보면 파나마 운하를 경유하는 코스가 수송비용 측면에서 수에즈 운하를 경유하는 경우보다 약 15달러 저렴하고, 미국 랜드브리지를 이용하는 경우보다는 약 428달러나 저렴한 것으로 분석되었다. 하지만 미국 랜드브리지를 경유하는 경우 운송시간은 파나마 운하를 이용하는 경우보다 약 4.6일 정도 단축 가능한

43) 기존의 폭 33미터를 이보다 넓은 폭 49미터 규모로 넓혔다.

44) 한국해양수산개발원(“해운조선행정책포럼 창립 및 제1회 세미나 발표자료”, 2016. 04. 28.)에 따르면 수에즈 경유 해상 물동량의 일부가 파나마 경유 항로로 이전하는 효과로 약 3% 증가하고 미국동안에서 새롭게 창출되는 물동량이 약 7% 증가할 것으로 분석되었다.

것으로 나왔다.

이 외에도 파나마 운하를 이용하는 선박의 대형화가 급속하게 이루어질 것으로 예상되며, 이로 인해 극동아시아 역내 항로, 중동/인도 항로, 남미/아프리카 항로 등에 캐스케이딩 효과⁴⁵⁾에 의한 선박 공급량 증가가 발생할 것으로 예상된다. 이는 결국 시장에서 에너지 고효율선박의 선호도를 더 증가시키는 결과를 가져올 것으로 예상되므로 비용에서 경쟁력을 가질 수 있는 친환경선박은 급격하게 늘어날 가능성이 있다고 전망할 수 있다.

〈표 2-10〉 미국동안 컨테이너화물의 수송경로 간 비용 분석

운송 경로	파나마운하 경우	수에즈운하 경우	미국 랜드브리지 경우		
			해상(LA)	내륙(NY)	합계
운송거리 (Km)	11,174	11,983	6,351	2,130	8,481
운송시간 (day)	25.9	27.7	14.7	6.6	21.3
총비용 (달러/TEU)	765.0	780.3	393	800.0	1,193

자료: 한국해양수산개발원, “해운조선정책포럼 창립 및 제1회 세미나 발표자료”, 2016. 04. 28.

3) 친환경선박과 해운동맹체제의 변화

해운업은 선박 구매 등에 따른 초기 투자비용이 막대할 뿐만 아니라 전 세계를 대상으로 운항 서비스를 제공해야 하고 업체들 간에 무한 경쟁이 발생할 가능성이 높은 관계로 전통적으로 업체들 간에 협정을 통한 얼라이언스(alliance, 동맹) 체제가 보편적으로 유지되어왔다. 특히 컨테이너선 시장의 경우 얼라이언스에 가입하지 않고는 영업이 불가능할 정도로 얼라이언스에 대한 의존도가 높게 설정되어 있다.

45) 파나마 운하 확장으로 인해 파나마운하 경우 항로에 1만TEU 이상 선박이 공급되고, 기존에 투입되던 파나마급 선박들이 다른 역내 항로에 투입되는 방식으로 전환배치가 이루어지는 효과를 말한다.

컨테이너선 시장은 기존 4대 얼라이언스⁴⁶⁾ 경쟁구조에서 3대 얼라이언스 체제로 변화하고 있다. 최근 우리나라의 한진해운 사태를 겪으면서 현대상선이 가입한 세계최대의 해운동맹인 2M을 제외하고 CMA CGM과 기존 G6에 속했던 APL, OOCL, 기존 CKYHE에 속했던 COSCO, Evergreen이 결합해 새로운 오션 얼라이언스(Ocean Alliance)⁴⁷⁾를 만들었으며, 2M과 오션 얼라이언스에서 제외된 선사들을 중심으로 제3의 “The 얼라이언스(Alliance)”⁴⁸⁾를 결성하였다.

향후 컨테이너선 시장은 2강인 2M과 Ocean이 앞서 나가고 이 뒤를 The Alliance가 쫓아가는 형태를 보이는 ‘2강 1중’ 체제로 진행될 가능성이 높다. 이 경우 얼라이언스 간 경쟁은 기존보다 더욱더 치열해질 것으로 예상되며 경쟁우위를 점하기 위한 초대형 친환경 선박에 대한 수요 역시 증가할 가능성이 높다.

〈표 2-11〉 3대 얼라이언스의 선복량 점유율 비교

구분	선복량(Capacity, TEU)			
	전체 항로 (2016. 06 기준)	점유율(%)	동서항로 (2016. 04 기준)	점유율(%)
2M	5,895,215	28.7	2,698,550	30.3
Ocean	5,459,013	26.5	2,886,533	32.4
The Alliance	3,551,545	17.3	2,102,406	23.6
The Alliance+	4,477,955	21.8		

주: The Alliance+는 기존 6개 선사 외에 Hyundai와 UASC가 모두 가입한 경우를 가정하였다.

자료: Alphaliner Monthly Monitor, 2016 Apr & Alphaliner Top 100: Operated fleets (11 June 2016)

⁴⁶⁾ 2M(Maersk, MSC), G6(APL, Hapag Loyd, Hyundai, MOL, NYK, OOCL), CKYHE(COSCO, K-Line, Yang Ming, Hanjin, Evergreen), O3(CMA CGM, CSCL, UASC)

⁴⁷⁾ CMA CGM, APL, COSCO, OOCL, Evergreen

⁴⁸⁾ Hapag Loyd, NYK, MOL, K-Line, Yang Ming, Hanjin이 가입해 있으며, 2016년 6월 기준 우리나라 선사인 Hyundai와 UASC가 가입을 타진 중에 있다.

제3절 친환경선박 확보 여건과 전망

1. 친환경선박의 확보 여건

현재와 같이 해운시장의 장기불황으로 선사들의 경영실적이 좋지 않은 상황에서 친환경선박에 대한 민간부문의 대규모 투자를 기대하는 것은 사실 쉽지 않다. 하지만 우리나라 선사들이 장기적으로 경쟁력을 강화하기 위해서는 친환경선박의 확보는 필수불가결한 요소이다. 따라서 이 절에서는 우리나라 선사들의 친환경선박 확보 여건을 시장 측면, 경제성 측면, 기업조직 문화 측면 등에서 살펴보고 추가적으로 국적선사들의 친환경선박 확보 전망도 진단해 보고자 한다.

1) 해운시장 측면(해운불황 지속)

2016년 주요 선진국들의 경제성장률은 미국 금리 인상과 원자재 가격 약세로 인해 전년 대비 소폭 상승한 수준에 머물 전망이다. 이로 인해 2016년 세계 무역 증가율은 작년과 동일한 2.8% 수준을 유지할 것으로 전망되고 있다.⁴⁹⁾

이러한 해운 수요의 둔화로 인해 컨테이너시장의 운임 역시 유럽항로와 북미항로 모두 최저 수준을 유지하고 있는 상황이다. 2016년 3월에 유럽항로는 2009년 이후 최저치인 TEU당 205달러를 기록했으며 북미항로 역시 2015년 12월 대비 36%(미동안 운임)에서 48%(미서안 운임)까지 운임이 하락한 상태이다.⁵⁰⁾

건화물선 시장 역시 컨테이너시장과 마찬가지로 상황이 좋지 않은데, 2016년 상반기 BDI 평균치가 사상 최저치인 500포인트 미만을 기록하고 있다. 1년 용선료의 경우 전 선형에 걸쳐서 최저치를 기록하고 있으며 3년 용선료의 경우도 수프라막스와 핸디사이즈는 하락세를 벗어나지 못하고 있다.⁵¹⁾

이처럼 장기불황이 지속되고 있는 해운시장은 선사로 하여금 친환경선박 확

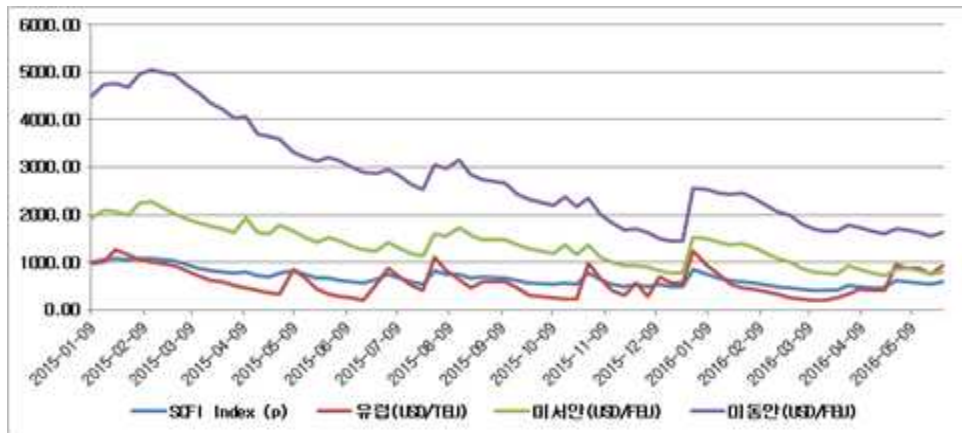
49) KMI 내부 자료, '최근 해운시황 진단과 중장기 전망'(2016 .6)

50) KMI 위의 자료

51) KMI 위의 자료

보를 위한 신조 발주를 주저하게 만드는 요인으로 작용하고 있을 뿐만 아니라 기존 선박을 대상으로 에너지효율 제고를 위한 투자 또한 부진하게 만드는 요소로 작용하고 있다.

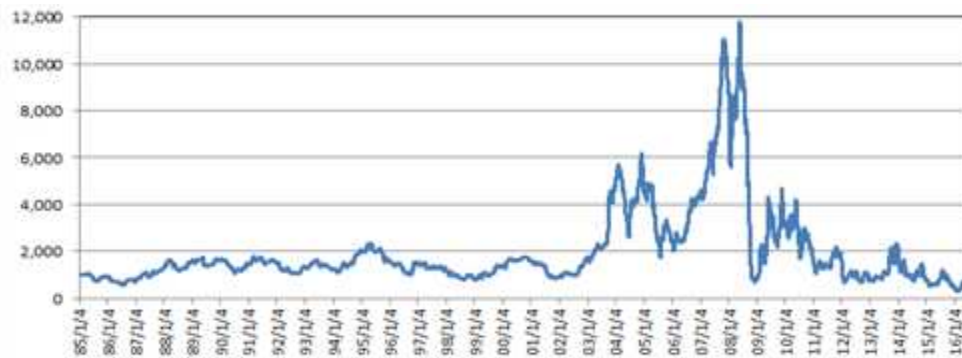
〈그림 2-6〉 유럽 및 북미항로 운임 추이



자료: 상하이항운교역소(www.sse.net.cn)

〈그림 2-7〉 BD(볼틱건화물선종합운임지수) 추이(1985년~현재)

(단위: 포인트)



주: 클락슨 자료를 이용해서 KMI 정리

자료: 클락슨(Clarksons)

2) 경제성 측면(저유가 상황 지속)

2003년~2014년 기간 동안 우리나라 외항 해운사의 매출액에서 연료비가 차지하는 비중은 최저 7.6%에서 최대 20.3%까지 선박연료유 가격 상황에 따라 크게 변동을 해왔다. 연료유 가격이 높은 수준을 유지했던 2012년과 2013년 사이에는 매출액 대비 연료비 비중이 18.4%와 20.3%를 기록했으며 이후 선박연료유 가격이 하락하기 시작한 2014년에는 연료비 비중이 13.0%까지 하락하였다.

이처럼 연료비가 운항비의 대부분을 차지하고 있기 때문에 선박연료유 가격의 등락에 따라 선사들의 대응방식도 다양하게 나타날 수 있다. 2011년 하반기부터 벙커유 가격이 600달러를 상회하기 시작할 때 선사들은 연료비 절감을 위한 다양한 방안들을 고려하기 시작하였고 일부 조치들은 시행단계에 들어가기도 했는데 감속운항(slow steaming)과 연료유 절감장치 등이 이에 해당된다.

또한 일부 선사들은 에너지효율이 높은 트리플 E(Triple E)급⁵²⁾ 선박의 신조 발주도 고려를 하였으나 투자여력의 부족으로 성사 단계로 나아가지는 못하였다. 당시 세계 최대 선사였던 머스크는 20척의 18,000TEU 트리플 E급 선박 발주를 추진하였고 이를 통해 세계 1위 자리를 굳건히 지킬 수 있는 기반을 다지게 되었다.

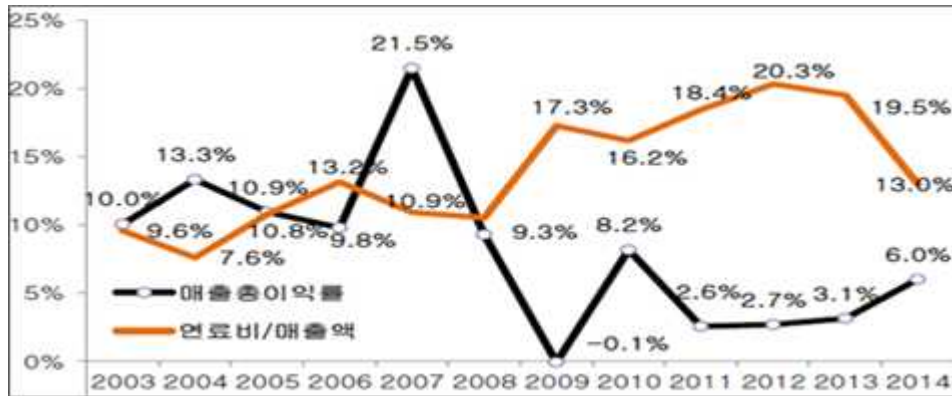
이처럼 동일한 고유가 상황 속에서 우리나라 외항 선사들이 초대형 친환경 선박에 대한 투자를 진행하지 못한 반면 외국적 선사인 머스크나 MSC 등은 과감한 투자를 통해서 컨테이너 운송시장을 선점하는 기회로 활용하였다.

2014년 연말을 기점으로 유가는 급락하기 시작하였으며 이에 동반하여 선박 연료유 가격 역시 기존 가격의 40% 수준까지 하락하기 시작했다. 이후 소폭 상승하기도 했으나 최근까지 여전히 선박연료유 벙커C유(IFO 380)의 경우 300달러 아래에서 하향 안정화 추세를 보이고 있다. 하지만 저유가가 지속되는 상황 아래에서도 우리나라 선사들은 단 한 척의 트리플 E급 선박도 발주하지 못하고 있는 실정이며 오히려 법정관리라는 초유의 사태가 발생하는 상황을 맞이하고 있는 실정이다.

⁵²⁾ 트리플 E란 머스크라인에서 녹색경영을 위하여 추진하는 정책의 개념으로 규모의 경제(Economy of scale), 에너지효율(Energy efficient), 친환경(Environmentally improved)을 의미함.

유가의 경우 저유가 상황보다는 고유가 상황이 오히려 선사들로 하여금 친환경선박에 대한 관심을 더욱더 고조시키고 실제로 신조 발주까지 이어지게 만드는 것을 알 수 있다.

〈그림 2-8〉 우리나라 외항해운사의 매출이익률과 매출액 대비 연료비 비중



자료: 국내 외항선사 내부 자료를 이용해서 KMI 분석

〈그림 2-9〉 벙커유 가격 추이(380cst, 로테르담 기준)



자료: 클락슨(Clarksons)

2. 친환경선박의 확보 전망

2016년 9월 1일자로 법정관리에 들어간 한진해운의 경우 친환경선박을 확보하기 위한 여건이 절대적으로 불가능함으로 우리나라의 친환경선박의 확보전략을 통한 해운산업의 경쟁력은 치명적인 결과를 가져올 것으로 전망된다.

현대상선의 경우도 특히 선박의 공급과잉과 낮은 운임의 지속으로 인해 발생하고 있는 해운시장의 장기불황 상태가 지속된다면 해운선사들의 자금난은 더욱더 어려워질 것이며 이로 인해 유동성 위기에 봉착하는 선사들도 추가적으로 나타날 수 있기 때문에 친환경선박의 확보는 불투명하다고 전망된다.

이와 같은 상황에서 선사들이 친환경 기술을 개발하고 이를 기반으로 친환경 선박 발주를 추진할 해운업체를 지원할 정부차원의 정책수립과 시행이 예상된다. 우리나라 외항 선사들의 경우 기존의 선사들과 경쟁하기 위한 차원에서 트리플 E급 선박의 발주를 추진할 가능성도 일부 존재한다. 하지만 이것은 시장을 선점하고 주도하기 위한 선제적인 투자가 결코 아니라 경쟁에서 도태되지 않기 위한 최소한의 경쟁력 확보 차원에서 시도되는 투자이기 때문에 이전의 투자들과는 다소 구분된다고 볼 수 있다.

해운시장은 선박 공급량 과다 상태가 해소될 때까지 신조 발주가 예전의 증가율 수준을 유지하지는 못할 것으로 생각되며 선종별, 사이즈별로 신조 수요의 편차가 다소 나타날 것으로 예상된다. 하지만 새롭게 건조하는 선박들은 IMO 국제협약과 이행 측면에서 또한 대형 화주들의 친환경선박 선호도 측면에서 대부분 친환경선박 범주에 해당되는 선박이 되어야 하기 때문에 단계적으로 친환경선박이 증가될 것으로 전망된다.

해운경기의 회복을 고려하여 머스크라인이나 대형 해운회사는 더욱 공격적으로 친환경선박을 확보하기 위한 노력을 기울일 것으로 예상되나 우리나라의 경우 해운시장 불황이 마무리되고 완만한 경기회복이 될 때 그리고 고유가 상황이 될 때 친환경선박과 친환경기술에 대한 관심이 고조될 것으로 전망된다.

제3장 친환경선박 도입 기대효과

제1절 환경보호

1. 대기환경보호와 온실가스 감축

선박에서 사용하는 연료에는 다양한 대기오염물질이 포함되어 있어서 호흡기 질환과 인간건강의 문제를 일으키는 요인이 된다. 대기환경보전법에서 규정한 연료가 연소되면서 발생하는 대기오염물질로는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 질산화산소(NO_x), 일산화탄소(CO), 비메탄휘발성유기물질(N MVOC, Non Methane Volatile Organic Compound) 등이 발생하게 되며 배출계수는 다음 <표 3-1>과 같다.⁵³⁾ 실제연료 소모량에 대기오염물질 배출계수를 곱한 값이 배출량으로 산정된다. 친환경선박은 결과적으로 대기오염물질의 배출을 감축시키는 환경보호 효과를 가져온다고 할 수 있다.

<표 3-1> 대기오염물질 배출계수

(단위: g/g Fuel)

	Marine HFO	Marine MDO	Marine LNG
이산화탄소(CO ₂)	3.11400	3.20600	2.75000
메탄(CH ₄)	0.00006	0.00006	0.05120
아산화질소(N ₂ O)	0.00016	0.00015	0.00011
질산화산소(NO _x)	0.09300	0.08725	0.00783
일산화탄소(CO)	0.00277	0.00277	0.00783
비메탄휘발성유기물질(NMVOC)	0.00308	0.00308	0.00301

자료: Third IMO GHG Study 2014

⁵³⁾ Third IMO GHG Study

또한 <표 3-1>에 따르면 통상적으로 온실가스가 적게 배출되는 LNG 연료를 청정에너지로 알고 있는데 LNG 연료의 경우 HFO, MDO 등의 연료유 대비 이산화탄소 발생량이 적고 질산화탄소의 경우 1/10 수준으로 배출량이 현격히 적으나 일산화탄소량이 HFO, MDO 대비 3배가량 높고, 메탄슬립으로 인한 메탄량은 850배 이상 많으므로 LNG 연료가 타 연료 대비 친환경적이라고만 주장할 수 없다.

특히, 메탄에 대한 지구온난화지수(28 GWP)⁵⁴⁾를 곱하여 등가온실가스배출량으로 산정 시 이산화탄소 배출량의 절반에 해당되는 온실가스가 배출되게 된다. 즉, 1톤의 LNG 연료 연소 시 CO₂로 인한 온실가스는 2.75 Ton 발생하게 되며 CH₄로 인한 등가 온실가스량은 1.43 Ton이 발생하게 된다.

또한 연료가 연소될 때 이산화황 및 미세먼지 등이 발생하며 이는 선박연료유 내 황 함유량에 따라 큰 차이를 보이고 있다.⁵⁵⁾ 이 경우 LNG 연료는 HFO 대비 SO_x는 99% 이상, 미세먼지는 97% 이상 제거되는 것으로 나타난다.

〈표 3-2〉 연도별 연료유 황 함유량 및 오염물질 배출계수

(단위: g/g Fuel)

연도		2007	2008	2009	2010	2011	2012
평균황 함유량(%)		2.42	2.37	2.6	2.61	2.65	2.51
SO _x	HFO	0.04749	0.04644	0.05066	0.05119	0.05171	0.04908
	MDO	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
	LNG	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
PM	HFO	0.00684	0.00677	0.00713	0.00713	0.00721	0.00699
	MDO	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102
	LNG	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018

자료: Third IMO GHG Study 2014

⁵⁴⁾ 지구온난화지수(GWP ; Global Warming Potential) : 이산화탄소가 지구온난화에 미치는 영향을 기준으로 각각의 온실가스가 지구온난화에 기여하는 정도를 수치로 표현한 것이다. 이산화탄소를 1로 볼 때 메탄은 21, 아산화질소는 310, 수소불화탄소는 1,300, 육불화황은 23,900이다. 교토의정서는 온실가스 배출량 계산에 지구온난화지수 사용을 사용하고 있다. (출처: 위키백과, 검색: 2016.8.16.)

⁵⁵⁾ Third IMO GHG Study 2014, IMO, p.96.

<표 3-2>를 고려하여 실제 배출되는 대기오염물질의 배출량을 계산하는 방식은 다음 <표 3-3>과 같다.

〈표 3-3〉 대기오염물질 계산 예시

	계산식	계산 예시 (HFO 1000 Ton 사용 시)
CO ₂	연료소비량 X 배출계수	1000 X 3.114 = 3114 CO ₂ Ton
CH ₄		1000 X 0.00006 = 0.06 CH ₄ Ton
N ₂ O		1000 X 0.00016 = 0.16 N ₂ O Ton
NO _x		1000 X 0.09300 = 93 NO _x Ton
CO		1000 X 0.00277 = 27.7 CO Ton
NM VOC		1000 X 0.00308 = 3.08 NM VOC Ton
SO _x		1000 X 0.04908 ⁵⁶⁾ = 49.08 SO _x Ton
PM		1000 X 0.00699 = 6.99 PM Ton

자료: 현대해양서비스 산정

즉 1,000톤의 연료(HFO) 사용을 절감할 경우, 약 3,114 CO₂ Ton의 온실가스 배출량을 줄일 수 있으며 이 밖에도 많은 대기오염물질의 배출 감소를 가져올 수 있다. 그러나 이러한 선박연료유에 기인한 대기오염물질 배출 이외에도 프레온 계통의 에어컨에 사용되는 냉매, 소화기 사용 등을 통하여도 온실가스가 배출된다.

2. 대기오염물질별 규제정책 사례

IMO의 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)은 해양환경 오염방지를 위한 본문 20개조 및 6개의 부속서로 구성되어 있다. 이 가운데 부속서 6장은 선박으로부터의 대기오염방지에 관한 규칙을 규정하고 있다. 동 협약의 모든 부속서는 명시된 예외의 경우를 제외한 모든 선박에 적용하며 선박으로부터 질소산화물, 황산화물, 염화불화탄소, 할론 등의 배출을 통제함으로써 선박의 대기오염 발생

⁵⁶⁾ 2012년 배출계수 적용

억제에 대한 내용을 담고 있다.⁵⁷⁾

선박으로부터 염화불화탄소 및 할론 등 오존층 파괴물질을 고의적으로 배출하는 것은 금지되며⁵⁸⁾ 오존층 파괴물질을 포함한 새로운 설비의 설치도 금지된다. 엔진으로부터의 질소산화물의 배출량이 배출 제한치를 넘는 경우에는 디젤엔진의 운전이 금지되며⁵⁹⁾ 선박에 사용된 연료유의 황 함유량은 기준치를 넘을 수 없다.⁶⁰⁾ 또한 선내 쓰레기의 소각에 의한 대기오염을 방지하기 위해 선내 소각기에서만 소각을 하도록 되어 있다.⁶¹⁾ 또한 2013년부터 온실가스 배출을 규제하기 위한 선박에너지효율관리계획서(SEEMP) 선내 비치 및 신조선에 대한 에너지효율설계지수(EEDI) 등의 선박에너지효율에 관한 규정이 강화되었다.

이 장에서 대기오염물질로 규정하고 있는 온실가스 이외의 물질에 대한 규제를 살펴보는 것은 선박으로부터 배출되는 대기오염물질에 현행 해양환경관리법에는 온실가스를 대기오염물질로 규정하고 있기 때문이다. 선박의 연료유의 연소특성상 배출되는 물질 중에 가장 많은 양을 차지하는 것이 온실가스이며 그 중에 가장 배출량이 많은 것이 이산화탄소이다. 이산화탄소는 지구온난화를 일으키는 주요 원인으로 기후변화에 가장 영향을 미치는 물질이라고 하겠다. 그러나 선박 대기오염물질 중에 이산화탄소의 배출을 제외하고 또한 질소산화물(NOx)의 경우는 직접적으로 인간의 호흡기 질환을 일으키는 주요 원인이고 황산화물(SOx)은 산성비의 주요 원인이기 때문에 배출규제에 대한 규정과 특성을 고려할 필요가 있다.

또한 친환경선박에 적용되는 친환경기술은 단순히 에너지효율을 높이기 위한 것에 한정되지 않고 종합적인 전체 대기오염물질의 특성을 고려하여 설계되고 개조를 위한 현존선박에 장착되기 때문이다. 에너지효율을 증대시키는 친환경기술과 함께 국제협약이나 국내법에서 강제로 배출을 규제하는 대기오염물질의 규정 현황에 대하여 살펴볼 필요가 있으며 각국의 대기오염물질의 저감을 위한

57) MARPOL 73/78 제 1규칙

58) MARPOL 73/78 제 12규칙

59) MARPOL 73/78 제 13규칙

60) MARPOL 73/78 제 14규칙

61) MARPOL 73/78 제 16규칙

규제와 에너지효율에 대한 규제가 우리나라 선박의 외국에서의 입항과 출항에 직접적인 영향을 미치기 때문에 아래와 같이 살펴보고자 한다.

1) 이산화황(Sulphur Content)

산성비의 원인이 되는 이산화황 배출을 저감하기 위하여 IMO는 선박에서 사용하는 연료유에 포함된 황 함유량을 규제하고 있다. 이에 따라 특별관리 해역을 제외한 전 해역에서 선박에서 사용할 수 있는 연료유의 황 함유량이 단계적으로 강화하여 현재는 3.5% m/m 이하의 황 함유량만을 포함한 연료유만이 사용 가능하다. 그리고 장기적으로 0.5% m/m 이하로 기준을 상향 조정할 예정이다. 황 함유량 특별관리해역⁶²⁾으로 지정된 곳은 보다 적은 황 함유량만을 허용하고 있으며 현재 0.1% m/m 이하의 연료유만 사용 가능하다.

〈그림 3-1〉 전 세계 ECA 지정 현황



자료: Fathom, 「Operating in Emission Control Areas: The Guide」, 2015

이러한 국제해사기구 차원의 규제 이외에도 지역적으로 연료유 내 황 함유량을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있다. 유럽연합의 규정⁶³⁾은 기항 선박이 항

⁶²⁾ 발트해, 북해, 북미해역, 미국령 캐리비안해가 해당한다.

⁶³⁾ EU Directive 2005/33/EC

내 정박 중에는 0.1% m/m 이하의 연료유만을 사용하도록 강제화하였으며 2020년부터는 유럽연합국가 관할해역 내 운항하는 선박에 대해 0.5% m/m 이하의 연료유만을 사용하도록 요구하고 있다. 유럽연합 회원국은 아니지만 터키와 노르웨이를 운항하는 선박은 정박 중 0.1% m/m 이하의 연료유만을 사용하여야 한다.

미국 캘리포니아주는 육지로부터 24해리 이내를 운항하는 선박에 대하여 선박 연료유 종류(MGO, MDO)를 특정하여 0.1% m/m 이하의 연료유를 사용하도록 규정하고 있으며 정박 중에는 육상전원을 사용해야 하는 것이 특징이다⁶⁴⁾.

홍콩지역은 자율적인 저유황유 사용 선박에 대한 인센티브를 제공하는 방식으로 항내에서 황산화물 배출저감 노력을 위해 2015년 7월 1일부터 항내 정박 중인 모든 선박이 0.5% m/m 이하 저유황유를 사용하도록 의무화하였다.

중국은 12개 주요항만⁶⁵⁾ 중 2016년 4월 1일부터 상하이로 시작으로 단계적으로 저유황유 사용범위를 확대하고 있다. 양쯔강 유역은 2016년 4월 1일부터 주요항만에 정박 시 0.5% m/m 이하 저유황유를 사용하여야 하며 2018년 1월 1일부터는 3개 주요 해역(Pearl River Delta, Yangtze River Delta, Bohai) 내 모든 항만에서 0.5% m/m 이하 저유황유를 사용하도록 강제화할 예정이며 2019년 1월 1일부터는 3개 주요 해역(Pearl River Delta, Yangtze River Delta, Bohai) 입역 시부터 출역 시까지 0.5% m/m 이하 저유황유를 사용하여야 한다. 또한 2019년 12월부터는 0.1%이하의 저유황유를 사용하도록 규정하고 있다.⁶⁶⁾ 아래의 표는 현재까지 적용되고 있거나 적용될 선박 연료유 내에 포함되어 있는 저유황유에 대한 규제에 대하여 정리한 것이다. 이와 같이 저유황유를 쓰는 방법 이외 배출가스를 세정하는 방식으로 이산화황의 대기로의 배출을 줄이는 방식 또한 검토되고 있다. 이와 관련하여 해양환경오염방지협약 부속서 6의 제4규칙에 따

⁶⁴⁾ CCR Chapter 5.1, title 13, section 2299.3. 캘리포니아주 항만에 대한 선단 전체 기항횟수 및 총 전력사용량을 고려하여 2014년부터 50%, 2017년부터 70%, 2018년부터 80% 이상을 육전 사용하여야 한다.

⁶⁵⁾ Guangzhou, Shenzhen, Zhuhai, Shanghai, Ningbo, Zhoushan, Suzhou, Nantong, Tianjin, Qinhuangdao, Tangshan, Huanghua

⁶⁶⁾ 이재익 소장, LNG산업기술협동조합, 가스신문 [<http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=73693>]

르면 저유황유를 쓰는 것과 동등 이상의 효과를 가지는 것을 조건으로 대체기술을 사용할 수 있다고 규정하고 있기 때문에 차세대 디젤엔진을 대체할 수 있는 새로운 대안으로 LNG를 추진연료로 사용하는 방식이 검토되고 있다.

〈표 3-4〉 연료유 내 황 함유량 규제 현황

구분	적용해역	적용일	황 함량	적용기기
MARPOL Annex VI	전해역 (Emission Control Area 제외)	현재	3.5%	Main & Aux. Engine, Boiler
		2020.1.1	0.5%	
		Emission Control Area		
EU Dir.	유럽연합 항내 정박 중	현재	0.1%	Aux. Engine, Boiler
2005/33/EC	European Sea	2020.1.1	0.5%	Main & Aux. Engine, Boiler
California Low Sulphur	California 연안 24miles 이내	현재	0.1% (MGO, MDO)	
터키, 노르웨이	항내 정박 중		0.1%	
홍콩	홍콩항 정박중		0.5%	
중국	Shanghai, Ningbo, Zhoushan, Suzhou, Nantong 항만 정박중			
	Shenzhen 항만 정박중			
	Guangzhou, Shenzhen, Zhuhai, Shanghai, Ningbo, Zhoushan, Suzhou, Nantong, Tianjin, Qinhuangdao, Tangshan, Huanghua 항만 정박 중	2017.1.1		
	Pearl River Delta, Yangtze River Delta, Bohai 수역 내 모든 항만 정박 중	2018.1.1		
	Pearl River Delta, Yangtze River Delta, Bohai 수역 입역시부터 출역시까지	2019.1.1	Main & Aux. Engine, Boiler	

자료: 현대해양서비스 정리

2) 질소산화물(NOx)

호흡기질환에 영향을 미치는 질소산화물의 배출을 줄이기 위하여 IMO는 단계별로 장착되는 엔진의 출력에 따라 배출가능한 질소산화물을 규정하고 있다. 엔진 RPM에 따른 질소산화물 배출기준은 다음과 같다.

〈표 3-5〉 질소산화물 배출기준

RPM	Tier I	Tier II	Tier III
130 미만	17.0	14.4	3.4
130 이상 2000 미만	$45.0 \cdot n(-0.2)$	$44.0 \cdot n(-0.23)$	$9 \cdot n(-.2)$
2000 이상	9.8	7.7	2.0

자료: MARPOL 부속서 6장 제13규칙, 현대해양서비스 정리

Tier I 은 2000년 1월 1일 이후 그리고 2011년 1월 1일 전에 건조된 선박에 설치되는 선박용 디젤기관에 적용된다.

Tier II는 2011년 1월 1일 이후에 건조된 선박에 설치되는 선박용 디젤기관에 적용된다.

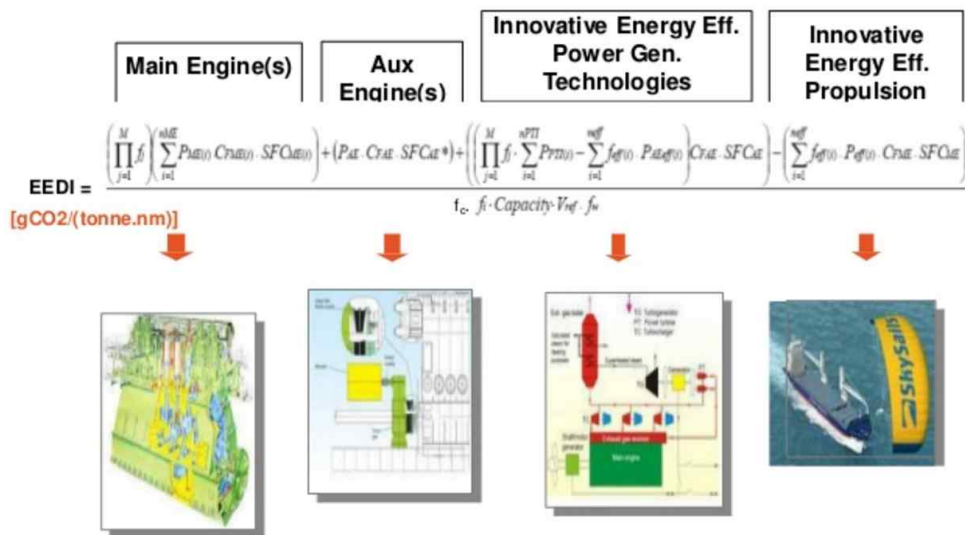
Tier III는 2016년 1월 1일 이후 건조된 선박이 특별관리해역⁶⁷⁾을 운항하거나 배출규제해역으로 채택된 날 이후 또는 개정된 NOx Tier III 배출규제해역으로 지정된 일자 중 늦은 일자에 건조된 선박에 적용된다. Tier III를 적용받는 디젤엔진이 장착된 선박은 배출규정을 만족시키기 위해 연소가스가 배출되는 엔진 후단에 질소산화물 배출저감 장치를 장착하여야 한다. 이러한 배출저감 장치에 관한 기술로는 배출되는 배기가스 통로에 UREA촉매를 접촉시킴으로써 질소산화물을 감소시키는 선택적 촉매 환원장치(SCR, Selective Catalytic Reduction), 배기가스의 30~40%를 순환시킴으로써 연소실 온도 감소를 통한 질소산화물 배출저감 장치인 배기가스 순환장치(EGR, Exhaust Gas Recirculation) 등의 장착 기술 등이 필수적이다. 또는 LNG 연료 추진선박 중 Otto Cycle 방식을 사용하는 엔진은 별도의 질소산화물 배출저감 장치가 필요하지 않다.

67) 북아메리카 해역, 미국령 캐리비안해

3) 온실가스(이산화탄소)

IMO는 선박으로부터의 온실가스 배출을 감소시키기 위하여 2013년 이후 건조되는 신조선에는 에너지효율설계지수(EEDI) 적용을 강제화하였다. 이에 따라 순차적으로 에너지효율설계지수 적용이 강화되며 2025년 이후 건조되는 선박은 기준선 대비 30% 이상의 에너지효율 개선이 필요한 상태이다⁶⁸⁾.

〈그림 3-2〉 에너지효율설계지수



자료: Energy Efficient Ship Operation IMO Train the Trainer(TTT) 코스 교육자료

에너지효율설계지수 수식을 단순화 하면 아래와 같다.

$$\text{에너지효율설계지수 (EEDI)} = \frac{\text{온실가스 배출량}}{\text{운송활동량 (Transport Work)}} [g/1t \cdot \text{miles}]$$

EEDI의 세부 항목을 살펴보면 화물량, 엔진출력, 특정연료소모량, 속력 등의 인자들이 들어가 있어 갈수록 강화되는 EEDI 충족을 위해서는 일정한 화물을 일정한 속력으로 운송하되 엔진출력을 낮추고 특정연료소모량을 줄이는 방식으로 선박의 에너지효율이 지속적으로 개선되어야만 한다.

68) MARPOL 73/78 부속서 6의 21규칙

또한 제60차 해양환경보호위원회(MEPC)에서는 친환경기술에 따른 에너지효율설계지수 향상에 대한 연구가 결과가 <표 3-6>과 같이 발표된 바 있다.

<표 3-6> 52,000 DWT 건화물선의 친환경기술 적용에 따른 EEDI 향상

Dry cargo carrier (52,000 DWT)			Year of Contract	2013-2017	2018-2022	2023-2027	Note
Component of resistance and propulsion	New technologies	Improvement effect of each technology(%)	Expected year the improvement reaches the maximum	Phase 1	Phase 2	Phase 3	
Reduction of air and wind resistance	Optimization of superstructure	30	2019			○	In the case of transition to electric population system which will be able to transfer engine room to bow-side, streamlining superstructure will be adopted.
Reduction of wave making resistance by shape of stern	Optimization of stern shape						Optimization of stern shape mainly has effect in ocean waves.
Reduction of friction resistance	Low friction coating	5	2012	○			Low friction coating can not be used with air lubrication method.
	Air lubrication method	10	2020		○	○	Effectiveness of air lubrication method further improves by adopting sprit stern together.
	Stern duct	2	2013	○	○	○	Stern duct has effect on reduction of friction pressure resistance.
	Stern fin						Stern fin can not be used with stern duct.
Improvement of propeller efficiency	CRP	8	2013		○	○	CRP can not be used with Post-swirl system.
	Pre-swirl fin						Pre-swirl fin can not be used with stern duct.
	Sprit stern	4	2024			○	Sprit stern has effect on improvement of propeller efficiency caused by mitigation of propeller loading, and is suitable to beamy ship.
	Hybrid pod						Hybrid pod has effect on improvement of propeller efficiency compared to multishaft ship.
Improvement of propulsion efficiency by shape of stern	Stern duct	4	2013	○	○	○	
	Pre-swirl fin						Pre-swirl fin can not be used with stern duct.
	Sprit stern	-	-			○	
	Post-swirl system	4	2013	○			Post-swirl system can not use CRP.
Waste heat recovery		-	-	○	○	○	Phase 1 : 5% (T/G), Phase 2 : 10% (+ Power Turbine), Phase 3 : 15% (+ Low boiling point medium, etc.)

	Present	Phase 1	Phase 2	Phase 3	
Improvement rate of FOCME (%)	-	14.5%	25.7%	36.9%	The source of improvement rate of Fuel Oil Consumption of Main engine (FOCME) is based on simulation by National Maritime Research Institute (NMRI) and information on new technology from shipbuilders.
FOCME(t) for 8 years	76,442	65,343	56,785	48,197	FOCME for 8 years is estimated by following formula. NOR (90%MCR) * SFCME * Days at sea * 8 years Days at sea is based on IMO GHG Study.
Present Value of fuel cost reduction for 8 years (M\$)	-	4.06	7.18	10.32	These are estimated by following assumptions. Bunker price: 400(\$/t) Interest rate: 2.0(%)

자료: MEPC 60/4/36 ANNEX 2, p.3.

또한 현존선박은 2013년 1월 1일 이후 선박에너지효율관리계획서를 비치하고 에너지효율관리를 위한 노력을 다하여야 한다. 또한 선박의 에너지효율을 평가하는 지표로써 에너지효율운항지수(Energy Efficiency Operational Indicator)⁶⁹⁾를 활용함으로써 선박에 에너지효율을 지속적으로 관측할 수 있다.

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

IMO는 온실가스 정보 수집을 위한 자료수집시스템(Data Collection System)을 도입하기 위한 초안을 제69차 MEPC 회의⁷⁰⁾에서 채택하였고 제70차 MEPC 회의⁷¹⁾에서 승인된다면 2019년 이후 5,000G/T 이상 선박은 매년 연료소모량, 운항거리 등의 자료를 관측하고 검증을 받아 기국에 제출하게 된다. 유럽연합은 유럽연합을 기항하는 선박을 대상으로 온실가스 배출량 MRV (Monitoring, Reporting, Verification) 제도⁷²⁾를 도입한 바 있다. 따라서 2017년 8월 31일까지 유럽연합국가에 기항선박은 온실가스 모니터링 계획서를 제출하고 2018년부터 기항선박에 대한 모니터링을 실시하여 다음 연도 4월까지 검증보고서를 기국에 보고하여야 한다. 유럽연합에서 실시하는 MRV 제도와 IMO의 자료수집시스템 간에 세부적인 내용에서는 일부 차이가 있으며 당분간은 이중으로 대응이 불가피할 것으로 전망된다.⁷³⁾ 그러나 전반적인 요구사항 및 개념이 유사함에 따라 장차 유럽연합 MRV 제도는 폐지될 것으로 전망한다.

⁶⁹⁾ MEPC.1/Circ.684 Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator(EEOI).

⁷⁰⁾ 2016년 4월 18일부터 22일까지 런던 IMO에서 개최.

⁷¹⁾ 2016년 10월 24일부터 28일까지 런던 IMO에서 개최.

⁷²⁾ Regulation(EU) 2015/757 of the European parliament and of the council of 29 April 2015 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC, 2015년 7월 1일 발효.

⁷³⁾ 유럽연합 MRV규칙의 Preamble 34항에 따르면 유럽연합 MRV시스템은 글로벌 MRV시스템의 시행을 위한 모델이며 글로벌 MRV 시스템은 보다 광범위한 적용범위로 인하여 보다 효과적일 것으로 간주될 수 있다.

제2절 비용절감과 산업촉진

1. 비용절감

친환경선박의 확보를 통해 친환경기술을 적용 확대함으로써 얻을 수 있는 비용절감 효과는 선박연료 사용량 감소에 의한 연료비 절감비용효과이다. 더불어 환경오염방지 측면에서 SOx, NOx, PM 등에 대해 IMO가 추진하고 있는 글로벌 규제를 위반할 경우 부과되는 각국의 벌금형태의 비용과 각국이 친환경선박에 부여하는 친환경선박에 대한 항만세 경감이라든지 하는 인센티브가 있을 수 있다. 이 외에도 친환경선박으로 인한 이산화탄소(CO₂) 배출량 감소에 따라 시장메커니즘(MBM)에 의한 배출권거래제에서의 비용절감 수입⁷⁴⁾이나 현존선박을 운항할 경우 스크러버, SCR, EGR 등과 같은 추가적인 설비의 장착비용 절감 등도 큰 범위에서 비용절감 효과로 포함할 수 있다.

친환경선박의 도입에 따라 각 친환경기술의 적용으로 나타날 수 있는 비용절감의 효과는 연료소모량의 감소가 가장 크게 나타나는 데 <그림 3-3>은 친환경기술을 적용에 따른 이산화탄소 배출 감소를 나타낸 한계 저감 비용을 나타낸 것이다. 이산화탄소를 줄이기 위한 방법으로 비용 유무에 따라 나누어져 있으며 그림에서 보여주듯이 기준선 아래에 있는 것은 한계 저감 비용이 0보다 적다는 것이고 해당 친환경기술 적용 시에 비용과 이산화탄소 모두 감소시킬 수 있다는 것을 의미하며 친환경과 고효율 경제성까지 모두 만족하는 친환경기술이라고 할 수 있다.

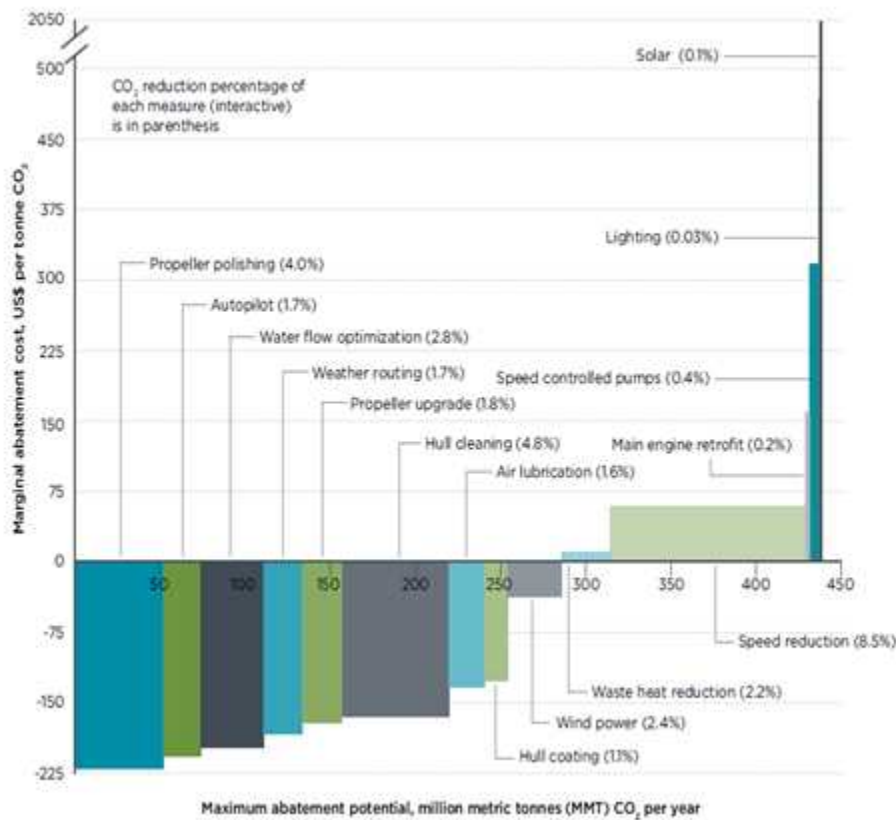
실제로 개발된 친환경기술 중에서 한계저감 비용이 0보다 큰 기술은 적용되지 못하고 있으며 추가적인 연구개발과 함께 기술개발을 위한 동기부여가 필요하다. 또한 친환경기술 적용에 따른 이산화탄소 배출감소비율을 보면 저속운항(speed reduction)이 8.5% 감소를 보이며 감소율이 가장 높은 것으로 조사되었다.

다음으로 선체저항을 줄이기 위한 선체청소(hull cleaning) 4.8%, 프로펠러 폴리싱(propeller polishing) 4.0%, 해류 최적화(water flow optimization) 2.8%, 풍력

74) 배출권 거래제를 통해서 시장에서 거래할 경우 금전적 수입으로 잡을 수 있음

(wind power) 2.4%, 폐열 감소(waste heat reduction) 2.2% 등의 순서로 나타났다. 이러한 친환경기술을 모두 적용할 경우 최대 33.6%까지 이산화탄소 배출량을 감소시킬 수 있다고 분석하고 있다. 하지만 이러한 친환경기술의 적용은 도입에 따른 장비비와 설치비 그리고 유지비 등이 발생하기 때문에 비용적인 측면에서는 모든 친환경기술이 비용효과적인 경제성을 갖고 있다고 말하기는 어려운 점이 존재한다. 따라서 보다 정확한 비용절감 효과를 분석하기 위해서는 세부 친환경기술별 비용항목과 편익항목을 도출한 이후 각각에 대한 편익과 비용 간의 차이를 도출하는 추가적인 연구가 필요하다고 하겠다.

〈그림 3-3〉 친환경기술 적용에 따른 CO₂ 배출 감소



자료: DNV 2010, Maximum abatement potential and Marginal abatement cost.

2. 기자재산업의 활성화

선박 온실가스 규제는 해운 및 조선 산업에 있어 새로운 도약을 필요로 하며, 해당 규제는 현존선과 신조선 모두 영향을 미치고 있다. 향후 온실가스 배출감소를 위한 친환경 기술력이 곧 경쟁력이 되어 해운시장의 판도를 변화시키는 주요 원인이 될 것이다. 친환경선박의 도입은 에너지효율을 향상시킬 수 있는 친환경기술과 고효율의 조선기자재 개발에 영향을 미칠 것으로 전망된다.

외국의 기자재 업체에 비해 국내 조선기자재 업체는 저탄소 녹색기자재의 중요성은 인식하고 있으나 대부분 영세하여 기술개발 투자여력이 부족한 실정이다. 친환경기술의 개발과 관련하여 기자재의 국산화율을 높이기 위한 국내 친환경기술 개발업체와 친환경기술 항목으로는 두산중공업에서 추진하고 있는 프런티어 사업으로 초전도 모터 및 발전기 개발 사업을 수행하고 있으나 실제 선박에 적용한 실적은 없는 실정이며 선박용 보일러 및 열교환기 제작에 세계적인 경쟁력을 갖춘 기자재 업체인 강림기연에서 폐열회수시스템(WHRS) 개발을 검토한 바 있으나 개발비용 및 위험성이 과다하여 진행되지 못하였다.⁷⁵⁾

따라서 선박의 종류에 관계없이 보편적이고 검증되어 사용되고 있는 친환경기술을 확대 적용하기 위하여 선박을 발주하는 해운회사에서 선박의 종류와 크기에 가장 적합한 친환경기술 적용 요구조건을 반영하며 친환경선박을 건조하는 방향으로 진행되어야 한다. 친환경기술의 가장 중요한 기자재 산업에 영향을 미치는 친환경 조선 요소부품을 지속 개발하는 것이 필요하다.⁷⁶⁾

부품소재혁신연구회의 연구에 따르면 선박 친환경기술이 기자재 산업에 직접적인 영향을 미치는 것을 포함해서 친환경·고효율 조선 요소부품개발이 조선 산업에 미치는 수입대체효과로 매년 2조 5,980억 원으로 전(6,830억 원)·후방(1조 9,150억 원)⁷⁷⁾의 연쇄효과를 일으킬 것으로 예상하고 있다. 따라서 친환경기술은 기자재 산업을 촉진시키는 결과를 가져올 것이며 관련 산업계에서는 친환경·고효율 조선요소부품 등의 발굴과 친환경기술 개발에 투자할 필요가 있다.

⁷⁵⁾ www.shipbuilding.or.kr

⁷⁶⁾ 소재부품 종합정보망, 선박에너지효율등급 도입에 따른 친환경

⁷⁷⁾ 부품소재혁신연구회, 선박에너지효율등급 도입에 따른 친환경·고효율 조선 요소부품 경쟁력 전략, p.9.

3. 해운산업의 경쟁력 강화

친환경선박의 확보와 친환경기술의 적용확대에 기대효과로는 유엔기후변화 협약과 IMO 온실가스 규제의 이행과 각국의 대기오염물질 배출규제해역 조건에 부합하는 친환경선박의 확보와 더불어 에너지효율이 높은 선박을 확보함으로써 해운산업의 경쟁력을 확보하는 것이다. 특히 기존의 대형 해운선사 외에 중소형 외항선사 또는 내항선사 등의 중소형선박에 이르기까지 최적화된 친환경기술의 적용확대를 통하여 비용경쟁력을 갖춘 선박이 증가 된다면 우리나라의 해운산업의 경쟁력은 한층 높아질 것이다. 더불어 환경보호 측면에서도 온실가스 배출량을 줄임으로써 환경보호에도 효과를 거둔다면 국제사회에서도 한국의 해운산업의 온실가스 배출정책에 대한 신뢰도가 향상될 것이다.

이러한 궁극적인 해운산업의 경쟁력을 확보하는 데 무엇보다도 중요한 것이 친환경기술이 적용된 친환경선박을 확보하는 중장기 정책수립이 중요하다고 하겠다. 친환경선박의 핵심요소는 온실가스를 대폭 감축하는 선박운항 즉 선박의 연료소모량을 가장 많이 감축하는 기술이 적용된 에너지효율선박을 확보하는 것이다. 결국 에너지 고효율의 선박을 확보하기 위해서는 투자관점에서 미래 지향적인 신조선의 확보와 현존선의 개조를 통한 에너지절감형 고효율선박으로 해운기업의 기존 선박을 친환경선박으로 바꾸는 적극적인 노력이 필요할 것이다. 친환경선박은 해운산업의 경쟁력 확보를 위하여 가장 필요한 수단이 될 것이기 때문에 미래 고유가 시대를 대비하고 해상물동량의 증가를 고려한다면 친환경선박은 선택이 아니라 생존전략이 되어야 할 것이다.

현재 친환경선박 보유보다는 노후선박을 많이 운항하고 있는 우리나라 해운산업의 환경을 고려할 때 해운산업의 경쟁력 확보 측면에서 해운, 조선,기자재, 화주 협약, 폐선, 금융 지원 등의 해결책을 통해 친환경선박은 이러한 산업의 중요한 매개체로 자리매김해야 할 것이다. 이러한 협업관계 기반구축이 될 때 해운산업이 미래 경쟁력을 갖춘 서비스산업으로 발전할 수 있을 것으로 예상된다. 친환경기술은 과학기술 혁명이 가져온 에너지절감 기술과 직결되며 미래 해운산업의 가장 큰 트렌드가 될 것이며 해운산업의 생존전략이 될 것이다.

제3절 시사점

세계 경기침체로 인한 해운시장의 불황은 계속될 것으로 전망되고 있으나 IMO를 비롯한 각국의 정부당국은 점차 더욱 강화된 환경규제정책을 수립하고 시행할 것이다. 해운산업에 가장 크게 영향을 미쳐왔던 유가의 안정화 추세는 그나마 어려운 해운기업에게 도움이 되고 있다. 다만, 친환경선박의 도입 기대효과에서 살펴봤듯이 환경보호, 비용절감 및 관련 산업의 촉진 측면에서 친환경선박과 고효율 선박에 대한 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 친환경선박의 확보와 기존선박에 대한 친환경기술의 적용 확대는 해운산업의 경쟁력 확보 측면에서 해운기업의 생존전략으로 등장할 것으로 보인다. 그러나 실제로 친환경기술 적용에 따른 선박의 연료유 소모량 감소가 해운기업의 경영부분에서 차지하는 포지션이 적을 수 있으나 세계적인 해운기업인 머스크라인, MSC, NYK 등의 기업정책은 최우선적으로 친환경선박의 확보를 위해 노력하고 있다는 것을 알 수 있다.

2010년 이후에 이러한 글로벌 기업들은 친환경기술이 적용된 선박에 대한 지속적인 선박 건조 정책을 추진하였고 해운기업의 선주가 조선 산업에 맞춤형선박을 주문한 바 있으며 친환경기술이 총체적으로 적용된 선박을 주문하여 건조함으로써 해운회사가 조선소를 이끄는 형태의 이상적인 구조를 지속하고 있다는 특징을 볼 수 있다. 우리나라의 해운산업의 경우와 대비되는 기업정책이라고 할 수 있겠다.

이미 친환경기술에 대한 원천기술을 확보하고 있는 유럽 선진국들의 시장지배가 유력하지만 우리나라는 친환경선박 및 관련 기자재 원천기술 확보를 위한 R&D 투자 강화 및 정부의 지원정책이 시급하다고 하겠다. 환경규제와 에너지 효율 고도화를 통한 연료 절감과 온실가스 배출감축을 해결할 수 있는 국내 독자적인 기술을 확보하는 것이 장기적으로 해운과 관련 산업의 경쟁력을 갖추는데 핵심이 될 것이다. 또한 해운회사뿐만 아니라 국내 중소형조선소는 친환경기술개발을 통한 경쟁력 확보가 시급하나 재무구조가 취약하고 국가 R&D 참여 실적 제한으로 정부의 지원정책 마련이 시급한 실정이다.

제4장 친환경기술 정책과 적용현황 분석

제1절 우리나라의 친환경기술 정책 분석

1. 친환경기술 정책 분석

친환경기술은 선박 운항효율 개선, 선체저항 개선, 추진효율 개선, 엔진효율 개선 및 기타 기술 등으로 구분 가능하다. 선박운항효율 개선 기술로는 기상에 따른 최적 항로 권고기술, 최적 트림 기술, 선박 운항 모니터링 기술 등이 있다. 추진효율 개선 기술로는 선체 최적화 기술, 선체 도료 기술, 구상선수 최적화 기술 등이 있다. 추진효율 개선 기술로는 프로펠러 전·후단에 설치하는 다양한 에너지절감장치 등이 있으며 엔진효율개선 기술로는 엔진출력 조절(Derating) 기술 등이 있다. 마지막으로 축발전기 (Shaft Generator), 에너지절감 시스템(Energy Saving System), 폐열회수장치 등이 선박 에너지효율을 개선하는 기술로써 손꼽히고 있다.

우리나라는 다양한 친환경기술을 개발하기 위한 노력을 하고 있으나 기술의 성격에 따라 정부 자금이 투입되어 개발되는 기술과 조선소/기자재 업체 등의 주도로 개발되는 기술로 구분할 수 있다.

가령 선체 최적화 기술의 경우 개별 선박마다 그 운항 특성이 다르고 선주의 요구 조건 등이 달라 조선소의 개별적인 노하우를 기반으로 자체적인 기술 개발이 이뤄지고 있다. 특히, 기자재로 구분될 수 있는 스크러버(Scrubber), 에너지절감시스템(Energy Saving System) 등은 산업부 및 해수부 R&D를 통하여 사용화 기술이 개발되고 있으며 이러한 기술을 양산할 수 있는 시스템을 갖추고 기술에 대한 신뢰도를 높이고 해외진출 전략 등이 마련된다면 수출을 통한 관련 산업의 활성화가 가능할 것으로 사료된다.⁷⁸⁾

⁷⁸⁾ 우리나라가 2004년 채택된 선박평형수관리협약(BWMC)의 이행을 위하여 개발된 선박평형수

그러나 선박의 에너지효율이 대부분 선박의 선체기술 및 엔진효율 등에 따라 많은 부분이 결정됨을 고려할 때 친환경기술이 대부분 신조 선박의 건조 당시 시장에 선보인 친환경기술에 좌우되고 있고 운항 중인 선박에는 법적 강제성이 부여되지 않는 한 적용되지 않으므로 친환경기술이 적절히 선박에 적용되지 않고 있는 실정이다. 또한, 2011년 발표된 한국정책금융공사의 그린쉽 기금(Green ship Fund) 또한 신조선에 일정 정도의 친환경기술을 적용할 경우 용자 금리를 인하하기도 한 사례가 있다.

1) 인센티브 제공 정책

(1) 우대금리 제공

2011년 6월 1일 발표된 한국정책금융공사의 Green ship Fund는 선박구입자금 지원 시 대상선박이 대기오염물질 및 온실가스 배출 저감 설비 등을 장착하고 인증을 받은 선박에 대해 금리우대 등 인센티브를 제공하였다⁷⁹⁾. 그러나 이후 제도가 확산되지는 못한 것으로 보인다.

(2) Environmental Ship Index에 따른 항세 감면

세계항만협의회⁸⁰⁾가 항만에서의 기후변화 대응정책⁸¹⁾의 일환으로 선박의 대기오염물질(SOx, NOx, CO₂)의 배출실적을 기반으로 하는 친환경선박지수(ESI, Environmental Ship Index)를 기반으로 선박에 대한 인센티브를 제공하고 있다. Environmental Ship Index를 기반으로 2011년 1월 1일부터 유럽 일부 항만에서 ESI 우수선박을 대상으로 항비 등의 감면 등의 인센티브를 시행한 이래, 전 세계 주요항만으로 인센티브 지급 정책이 확대되고 있다.

처리기술을 선점하여 다수의 IMO 형식승인을 받아서 선박평형수처리설비(BWMT)시장을 선점하고 있는 것이 환경보호 관련 IMO규제의 산업화 성공의 좋은 예라고 할 수 있겠다.

⁷⁹⁾ 2011년 6월 SK해운은 한국정책금융공사와 그린쉽 프로그램 1호 협약을 맺고, 25만 톤급 광탄 운반선(VLOC) 1척(가격 9000만달러)의 70%에 해당하는 금융을 우대금리로 제공받았다.(검색: 2016.8.17.)

⁸⁰⁾ International Association of Ports and Harbors

⁸¹⁾ World Ports Climate Initiative

ESI를 산정하는 방법은 다음과 같다.

$$ESI\text{점수} = \frac{2\ ESINOx + ESISOx + ESI\ CO_2 + Onshore\ PowerSupply}{3.1}$$

주요 항만의 ESI 점수에 따른 인센티브 제공 현황은 다음과 같다.

〈표 4-1〉 항만별 ESI 인센티브 제공 현황

항만명	시행일	기준(ESI)	인센티브 내용
네덜란드 로테르담	2011.1.1	31점 이상	항세 10% 감면
독일 함부르크	2011.7.1	20점 이상	최대 1500유로 차등 지급
프랑스 르하브르	2012.1.1	상위 10개사	최대 10% 항세 감면
미국 로스앤젤레스	2012.7.1	25점 이상	최대 \$1250 차등 지급
미국 뉴욕뉴저지	2013.1.1	20점 이상	최대 \$2500 차등 지급
벨기에 앤트워프	2011.7.1	31점 이상	항세 10% 감면
네덜란드 암스테르담	2011.1.1	20점 이상	점수별 차등 지급
노르웨이 오슬로	2011.1.1	20점 이상	항세 30% 감면
대한민국 부산	2014.1.1	31점 이상	입출항료 15% 감면
일본 동경	2015.4.1	20점 이상	점수별 차등 항세 감면
대한민국 울산	2016.1.1	31점 이상	입출항료 10% 감면

자료: 현대해양서비스 정리

유럽, 미주 등 주요 선진국 항만보다는 늦었지만, 부산항이 아시아 지역에서 최초로 ESI 점수에 따른 인센티브를 제공함으로써 항만 이미지를 개선한 바 있고 이어 울산항에서도 ESI 점수에 따른 인센티브를 제공하고 있다.

문제점은 ESI 점수에 따른 인센티브를 제공할 수 있는 항만이 항만공사가 설립된 항만으로 제한되어 있다는 점이다. 부산항과 울산항은 항만공사⁸²⁾형태로 운영하는 항만으로써 나름의 자유로운 운영관리가 가능하다⁸³⁾는 점에서 친환경선박에 대한 인센티브 도입이 가능하다. 그러나 그 외 해양수산항만청 관리 주도의 항만의 경우 항만이용요율이 정해져 있어 이러한 인센티브 제도 도입에 대한 법적 근거가 마련되지 않을 시 도입에 어려움을 겪을 수 있다. Environmental Ship Index 점수 산정방식상 점수가 높은 선박이 항만에 기항하더라도 직접적인 환경개선을 기대하기 어렵다는 것이다. 특히, Environmental Ship Index 점수 산정공식에 Onshore Power System이 들어있는데, 이는 선박이 항만에서 육전사용 여부와 관계없이 단순히 육전을 사용할 수 있는 장비가 선박에 비치되어 있는지 여부만으로 점수를 배점함에 따라 선박의 친환경성 평가에 있어 여전히 논란이 존재한다.

그럼에도 불구하고, Environmental Ship Index 제도는 지속적으로 확대되고 있으며, 전 세계 49개 항만에서 Environmental Ship Index를 활용한 선박에 대한 인센티브를 제공하고 있다. 선박에서 사용하는 프로그램에 Environmental Ship Index 산정 기능이 탑재되어 인센티브를 수급하지 못하는 선박에 대한 점수 향상에 기여 하는 등⁸⁴⁾, 그 이용대상 및 범위가 확대되고 있으므로 선사의 관심 제고가 필요하다. 파나마의 경우 선박의 EEDI가 기준선 대비 40% 이상 개선되거나 LNG 연료를 전량 사용하거나 또는 EEOI를 지속적으로 관리하는 선박에 대해 세금을 감면하는 제도를 시행하고 있다.

82) 항만공사법 제1조. 항만공사를 설립하여 항만시설의 개발 및 관리운영에 관한 업무의 전문성과 효율성을 높임으로써 항만을 경쟁력 있는 해운물류의 중심기지로 육성하여 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

83) 항만공사법 제3조. 국가는 항만공사의 책임경영 체제를 확립하기 위하여 항만공사의 자율적 운영을 보장한다.

84) DNV GL 선급에서 제공하는 ECO Insight 프로그램은 선박의 에너지효율 평가 기능에 추가하여 Environmental Ship Index 산정 기능을 추가하였다.

〈표 4-2〉 파나마의 GRT별 신조선 세금 감면 내용

VESSELS OF NEW CONSTRUCTION WITH A GROSS TONNAGE LESS THAN 30,000.00 (GRT)*		
Governmental Fees	Discount Percentages according to the year of Registration	
	1 st Year *	2 nd and 3 rd Year
ANNUAL TAX	30%	30%
ANNUAL CONSULAR TAX	100%	50%
REGISTRATION FEE**	100%	-----
ANNUAL INSPECTION FEE	100%	-----
CASUALTY INVESTIGATION AND IMO CONTRIBUTION FEE	100%	-----
3% PER NET TONNAGE	100%	-----
NOTE		
*THIS CALCULATION IS VALID UNTIL 31/DEC/2016.		
** THIS FEE IS ONLY PAYABLE IN THE FIRST YEAR OF REGISTRATION.		

VESSELS OF NEW CONSTRUCTION WITH A GROSS TONNAGE EQUAL OR HIGHER THAN 30,000.00 BUT LOWER THAN 100,000.00(GRT)*		
Governmental Fees	Discount Percentages according to the year of Registration	
	1st Year *	2nd and 3rd Year
ANNUAL TAX	40%	40%
ANNUAL CONSULAR TAX	100%	50%
REGISTRATION FEE**	100%	-----
ANNUAL INSPECTION FEE	100%	-----
CASUALTY INVESTIGATION AND IMO CONTRIBUTION FEE	100%	-----
3% PER NET TONNAGE	100%	-----
NOTE		
*THIS CALCULATION IS VALID UNTIL 31/DEC/2016.		
** THIS FEE IS ONLY PAYABLE IN THE FIRST YEAR OF REGISTRATION.		

VESSELS OF NEW CONSTRUCTION WITH A GROSS TONNAGE EQUAL OR HIGHER THAN 100,000.00 (GRT)*		
Governmental Fees	Discount Percentages according to the year of Registration	
	1st Year*	2nd and 3rd Year
ANNUAL TAX	50%	50%
ANNUAL CONSULAR TAX	100%	50%
REGISTRATION FEE**	100%	-----
ANNUAL INSPECTION FEE	100%	-----
CASUALTY INVESTIGATION AND IMO CONTRIBUTION FEE	100%	-----
3% PER NET TONNAGE	100%	-----
NOTE		
*THIS CALCULATION IS VALID UNTIL 31/DEC/2016.		
** THIS FEE IS ONLY PAYABLE IN THE FIRST YEAR OF REGISTRATION.		

자료: PANAMA MARITIME AUTHORITY MERCHANT MARINE CIRCULAR 298

싱가포르의 경우는 그린십에 대하여 인센티브를 부여하는 2011년 ‘Maritime Singapore Green Initiative’를 발표하였다. 이 프로그램은 녹색선박 프로그램, 녹색항만 프로그램 및 녹색기술 프로그램 등으로 구성되었다. 녹색선박 프로그램은 싱가포르 국적선에만 적용되며 EEDI가 충족되거나 SOx Scrubber 등을 설치한 선박에 대해 입항세의 감면 등의 혜택이 주어진다. 녹색항만 프로그램은 싱가포르에 기항하는 모든 선박에 대해 적용되며 SOx Scrubber 등 설치하였거나 항내에서 청정연료를 사용하는 선박에 대해 입항세가 감면된다. 녹색기술 프로그램은 싱가포르 내 기술개발을 장려하기 위하여 마련되었다. 이와 같이 운항 선박에 대해 적절한 친환경 기준을 만족할 경우 인센티브를 제공하는 방식⁸⁵⁾으로 환경오염을 방지하는 궁극적인 목적을 달성하고 있다고 볼 수 있다. 또한 중국 선전항 및 홍콩항 등은 그간 자발적으로 항만 접안 중 저유황유를 사용시 인센티브를 제공하는 방식이었으나 이들 항만 외 다른 항만까지 저유황유 사용을 강제화⁸⁶⁾함으로써 지역항만의 대기질의 개선을 위해 노력하고 있다.

2) 기술개발 정책

지난 10여 년간 정부자금을 통하여 수행된 R&D 현황을 2015년 해양수산부에서 조사한 내용은 다음과 같다⁸⁷⁾.

〈표 4-3〉 선박관련 R&D 과제 현황

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
1	친환경선박 TCS시스템 구축	친환경선박 TCS 시스템 구축	해수부	2011-10~ 2017-05
2	NOx 후처리 기술개발	선박배출 Nox 제거를 위한 선택적 환원 반응용 촉매의 개발	중소기	2012-05~ 2015-04
		선박용 배기가스 내 NOx, SOx 산화를 이용한 스크러버 동시저감 기술 개발	중소기	2014-07~ 2016-06

⁸⁵⁾ 그 외 Green Award Foundation의 Green Award 등이 있다.

⁸⁶⁾ 홍콩은 2015년 7월 1일 부 정박 중 0.5% m/m 이하 저유황유 사용을 강제화하였으며, 중국 주요항만에서 2016년 4월 1일 부 정박 중 0.5% m/m 이하 저유황유 사용을 강제화하였다.

⁸⁷⁾ IMO 해양환경 분야 국익창출을 위한 대응전략 기초 연구, 2015, 해양수산부, pp.130~136.

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
2	NOx 후처리 기술개발	4-Stroke 선박보기엔진에 적용가능한 SCR촉매용 High cell 담체개발	중소기	2012-12 ~ 2014-11
		선박엔진 온실가스 및 배출가스(NOx, PM) 저감 기술	중소기	2013-07 ~ 2014-03
		선박용 SCR시스템 성능 및 인증 시험기술 개발	해수부	2011-10 ~ 2017-05
		친환경 선박 배기가스 후처리시스템 개발	해수부	2011-10 ~ 2017-05
		선박엔진용 Nox 저감장치개발	산자부	
		IMO Tier III대응을 위한 Nox, PM 제거용 선박 엔진 Emission Reduction system 개발	산자부	
3	연료유 공급시스템 /절감기술 개발	클린신연료 DME를 연료로 하는 중대형선박엔진 용 연료공급시스템의 개발	중소기	2013-06 ~ 2015-06
		선박 슬러지 재활용 시스템 개발	중소기	2014-11 ~ 2016-11
		선박용(2 Stroke 추진 기관) 연료유 효율 향상 기술 개발	중소기	2013-11 ~ 2015-10
		디젤엔진 연료펌프 Plunger & Barrel 개발	지자체	2011 ~ 2016
		저탄소디젤유 Homogenizer(균질기) 개발	지자체	2012 ~ 2015
4	현존선 운항최적화 기술개발	온실가스 저감 및 실해역 에너지효율 향상을 위한 운항선 선속-동력 고정도 해석 기반기술 개발	산자부	2014-06 ~ 2019-05
		선박온실가스 감축국제규제를 만족하는 선박경제성, 안정성 향상 운항최적화 서비스 및 장비개발	중소기	2012-06 ~ 2013-05
		선박의 에너지 절감을 위한 실선테스트 기술 개발 I	해수부	2011-10 ~ 2017-05
		선박의 에너지 절감을 위한 실선테스트 기술 개발 II	해수부	2011-10 ~ 2017-05
5	선박평형수 통합관리 기술개발	선박평형수 통합관리기술개발 기획연구	해수부	2012-08 ~ 2013-02
		선박 평형수 처리 시스템의 위험 조기에측 및 선제적 예방을 위한 원격 성능분석 및 최적제어 장치 및 플랫폼 개발	미래부	2014-09 ~ 2015-08
		선박평형수 처리장치에서의 스케일 저감형 전해조 실용화 기술개발	미래부	2012-06 ~ 2014-05
		선박평형수 처리 시스템의 원격 모니터링 시스템	미래부	2013-05 ~ 2014-04
		선박평형수 처리를 위한 해수 고도산화기술 평가	미래부	2013-05 ~ 2016-04
		현존선 대상 선박평형수처리시스템 설치(BWTS Retrofit)를 위한 엔지니어링 핵심기술 개발	산자부	2013-12 ~ 2016-11

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
5	선박평형수 통합관리 기술개발	선박평형수 샘플링 및 분석방법 국제표준안 개발	산자부	2012-06 ~ 2015-05
		IMO 규제 강화 대응을 위한 신개념 기계식 선박 평형수 처리장치 개발	중소기	2013-12 ~ 2015-11
		고농도 산소공급시스템을 적용한 선박 평형수 처 리시스템 개발	중소기	2013-06 ~ 2015-05
		선박평형수용 전해 살균장치 개발	중소기	2012-05 ~ 2013-05
		선박평형수 처리장치의 산화제 농도 측정을 위한 온라인 분석장치 개발	중소기	2012-03 ~ 2014-02
		USCG Phase II 기준 부합 선박평형수설비 개발 및 시험, 평가, 인증 시스템 구축	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		선박평형수 유해수중생물 모니터링 장치 개발	해수부	2009-01 ~ 2015-07
		선박평형수용 수중생물 모니터링 분석장치 개발	해수부	2009-01 ~ 2015-07
		휴대용 선박평형수 처리유무 판별 모니터링 장치 개발	해수부	2009-01 ~ 2015-07
		유해 수중생물 확인장치 개발	해수부	2009-01 ~ 2015-07
		USCG Phase II 기준 부합 선박평형수설비 개발 및 시험, 평가, 인증 시스템 구축	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		USCG Phase II 시험 평가 및 인증시스템 구축	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		IMO 활성물질 기본승인 취득을 위한 시험결과 분석	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		BWTS의 CAE 해석 및 Disk Filter 성능 최적화 연구	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		복합살균기법 적정화 연구, 소독부산물 제어 기술 개발	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		IMO 활성물질 기본승인 취득을 위한 시험결과 분석	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		USCG Phase II 기준 부합 BWTS의 활성물질 및 소독부산물에 대한 위해성 평가	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		전기분해와 물리·화학적 공정의 결합을 통한 TRO 생성 및 소독성능 증대	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		BWTS용 Auto Strainer의 최적화 기술 확보	해수부	2013-04 ~ 2018-03
		Deballasting 살균용 UV/TiO ₂ system 개발	해수부	2013-04 ~ 2018-03

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
6	복합폐열 회수 최적발전 시스템개발	선박용 중저온 폐열 회수 발전 시스템 기술 개발	산자부	2011-06 ~ 2016-05
7	최적전력관리 시스템개발	전기추진선박의 효율 향상을 위한 30MW급 전기 추진 체계통합 및 시험평가인증 기술 개발	산자부	2012-06 ~ 2017-05
		그린선박용 EMS 개발	해수부	2014-08 ~ 2017-07
8	신조선 선체 /추진기 효율향상 기술 개발	선박의 저항 및 추진성능 향상 핵심기술개발	해수부	2011-01 ~ 2013-12
		Micro-Bubble을 이용한 마찰저항 감소기술개발(2)	해수부	2011-01 ~ 2013-12
		그린선박용 5.5MW급 Azimuth Thruster 국산화를 위한 핵심 부품 생산기술 개발	산자부	2012-08 ~ 2015-04
		그린쉽 기반 확보를 위한 에너지 절감형 선형 및 추진시스템 개발	산자부	2011-06 ~ 2016-05
		에너지 절감을 위한 선박 저항감소 및 추진성능 향상 핵심기술 개발	산자부	2011-06 ~ 2016-05
		선박에너지절감을위한신형식복합추진시스템기술 개발	산자부	2011-06 ~ 2016-05
		저항추진성능 향상 선종별 에너지절감 부가장치 개발 및 실선 적용	산자부	2011-06 ~ 2016-05
		중소형 선박에 적용하여 연료비 3% 저감시키는 Bubble 발생장치 및 실선적용 기술 개발	산자부	2013-06 ~ 2015-04
		차세대 친환경 원양용 방오도료 개발(친환경 SPC) 방오도료 개발	해수부	2008-09 ~ 2013-08
		자기마모형(SPC)수지기반 마찰저항 저감형 방오 도료 개발	산자부	2010-12 ~ 2015-02
		선박용 방오도료의 방오성능 및 가속 마모성능평 가법 개발	산자부	2006-06 ~ 2008-05
		여객선의운항비감소를위한선박의저항성능해석및 선형설계에관한연구	중소기	2012-09 ~ 2015-08
9	가스연료 엔진적용 /인프라 기술개발	LNG 추진선박의 연료저장탱크(독립형 Type C, 20m³) 및 슬로싱 저감장치의 개발	미래부	2014-11 ~ 2016-11
		해상부유식 LNG 벙커링 시스템 기술개발	해수부	2014-07 ~ 2018-07
		LNG 플랜트 설계기술 개발	해수부	2008-09 ~ 2014-06
		RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발	해수부	2008-09 ~ 2014-06
		총괄.LNG 플랜트 시스템엔지니어링기술 개발	해수부	2008-09 ~ 2016-06

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
9	가스연료 엔진적용 /인프라 기술개발	저공해 천연가스(LNG)를 일반 선박엔진에 사용할 수 있는 개조기술 개발 기획연구	해수부	2009-06 ~ 2009-09
		LNG 선박용(20MW급) 중앙제어형 Enclosed Gas Valve Unit 개발	산자부	2014-05 ~ 2017-04
		선박 LNG 엔진용 초저온 초고압 콘트롤밸브의 국산화 개발	산자부	2012-06 ~ 2015-04
		선박용 LNG 공급시스템의 20m ³ /h 유량의 저압 펌프 개발	산자부	2013-06 ~ 2015-04
		선박용 LNG 공급시스템의 초저온, 고압 고온 단열이중 배관 시스템 기술개발	산자부	2012-06 ~ 2015-04
		선박용 LNG 연료공급시스템의 고압 초저온 인쇄회로기판형 열교환기 상용화 개발	산자부	2012-06 ~ 2015-04
		선박용 LNG 연료공급장치의 유량 측정 핵심기와 모니터링 시스템 개발	산자부	2012-08 ~ 2015-04
		통합 제어형 LNG 추진선박용 연료공급모듈 기술개발 및 사업화 사업	산자부	2014-05 ~ 2017-04
		LNG Bunkering을 위한 선박 LNG Tank Weight 측정시스템 개발	산자부	2013-11 ~ 2014-11
		LNG Ship-to-Ship Bunkering Shuttle 설계 핵심기술 개발	산자부	2013-06 ~ 2018-05
		LNG를 연료로 하는 10,000TEU급 컨테이너선의 연료탱크 배치 및 공급시스템 기술개발	산자부	2012-06 ~ 2015-11
10	선박에너지 효율종합 평가 시스템	IMO 온실가스규제 대응 선박 운항효율 및 EEDI/EEOI 향상을 위한 정밀계측 기술 국제표준화 및 표준 부합 통합감시제어장치 개발	산자부	2012-06 ~ 2017-05
		선박성능 고도화 핵심기반구축 및 기술개발	산자부	2012-06 ~ 2017-05
		실선마력 추정을 위한 새로운 모형시험해석법 개발	산자부	2012-06 ~ 2017-05
		고정도 예인시험 시스템 구축	산자부	2012-06 ~ 2017-05
11	선박배출 PM/BC 저감기술 개발	IMO 규정대응 선박 배기가스 DePM, DeSOx 순환처리장치(Recycle System) 개발	산자부	2012-08 ~ 2015-04
		1000마력급 중소형 선박에 대한 IMO 규제대응 SOx/NOx 배출저감 및 VOCs 회수 시스템 개발	산자부	2013-06 ~ 2016-05
		선박에서 배출되는 블랙카본 및 황산화물 저감장치 개발	중소기	2013-08 ~ 2013-11
		선박배출 PM,BC 측정 및 기후변화영향 평가	해수부	2012-11 ~ 2018-05
		선박배출 대기오염원(PM, BC) 기후변화 영향평가 및 저감기술 개발	해수부	2012-11 ~ 2018-05

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
11	선박배출 PM/BC 저감기술 개발	후처리장치용 버너 기술 개발	해수부	2012-11 ~ 2018-05
		400kW급 후처리시스템 개발	해수부	2012-11 ~ 2018-05
		선박배출 PM,BC의 특성화 및 생성메커니즘 규명	해수부	2012-11 ~ 2018-05
		국제규제 대응 소형 선박 배출 가스 처리기술 개발	환경부	2014-05 ~ 2017-03
		오염물질 산화처리를 위한 과산화수소 분해 촉매 시스템 및 보조장치 개발	환경부	2014-05 ~ 2017-03
		선박 스크러버의 친환경운영 모듈 및 폐수 자원화 시스템 개발	환경부	2014-05 ~ 2017-03
		선박 오염물질 배출규제 조사 및 기술기준 적합성 평가	환경부	2014-05 ~ 2017-03
		선박 배기가스 처리장치의 평가방법 확립 및 성능평가	환경부	2014-05 ~ 2017-03
12	선박배출 CO ₂ 제로화 (CCS) 기술개발	CO ₂ 해양지중저장기술개발	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		CO ₂ 해양지중저장 국내 실용화 기반구축 정책개발 연구	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		CO ₂ 해양지중저장 환경위해성 평가관리기술	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		누출 위치 주변 이산화탄소 거동 예측기술 개발	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		누출 CO ₂ 의 해양생물 영향평가	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		국가 CO ₂ 폐기물 저장지도 구축 및 실증부지 선정	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		액화 시스템 및 선박 세부사양 정립 및 냉열회수식 주입공정 설계	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		해양지중저장을 위한 CO ₂ 물성특성 실험 및 분석	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		CO ₂ 해양지중저장사업의 경제성 분석	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		100만톤 CO ₂ 해양지중저장 실증사업모델 개발	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		선박에서 저장소까지 주입시스템 공정설계	해수부	2005-06 ~ 2015-12
		국내 CO ₂ 배관 네트워크 및 설계기준 방안 수립	해수부	2005-06 ~ 2015-12

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
12	선박배출 CO ₂ 제로화 (CCS) 기술개발	CO ₂ 지중저장 환경관리 법제도 기반 연구	환경부	2014-04 ~ 2018-03
		지중 수리 특성화 및 저심도 지하수 환경영향 평가, 예측 및 모니터링	환경부	2014-04 ~ 2018-03
		토양 및 생태 위해성 평가, 예측 및 모니터링	환경부	2014-04 ~ 2018-03
		CO ₂ 누출의 환경위해성 통합 예측 및 평가	환경부	2014-04 ~ 2018-03
		CO ₂ 지중저장의 통합 환경관리기술 개발	환경부	2014-04 ~ 2018-03
		CO ₂ 수송선 화물탱크/Gas Dome 설계/생산 및 하역시스템 기술개발	산자부	2011-07 ~ 2016-06
		CO ₂ 지중저장 환경관리 기술 개발	환경부	
13	연료전지 적용 /인프라 기술개발	선박보조전원용 MCFC 시스템 개발	산자부	2011-07 ~ 2016-06
14	신재생 에너지 적용 기술개발	신재생에너지 이용 레저선박용 다방향 시스템 개발	산자부	2010 ~ 2015
15	복합동력이용 Zero-Emission 선박개발	선박용 Hybrid power system 설계 및 기술개발	교과부	2011-9 ~ 2021-2
		신개념 동력원 선박 적용 기반기술 개발	산자부	2011-06 ~ 2014-05
16	기타 배출물 /오염원 저감기술 개발	선박 유증기 회수설비(SVRU)개발 및 회수제품 연료화 사업	해수부	2010-12 ~ 2015-10
		대용량 N ₂ /CO ₂ 분리막시스템 개발	해수부	2010-12 ~ 2015-10
		회수유증기 저장시스템 및 공급 시스템 개발	해수부	2010-12 ~ 2015-10
		Dual Fuel Burner 및 SVRU 제어시스템 개발	해수부	2010-12 ~ 2015-10
		선박오수처리를 위한 친환경 복합 고도수처리장치 개발	해수부	2014-09 ~ 2017-02
		선박용 친환경 복합 고도수처리장치의 운전 및 최적화	해수부	2014-09 ~ 2017-02
		선박 수중소음 모형시험을 위한 계측기반 구축 연구	해수부	2012-01 ~ 2014-12
		날개끝 보오텍스 소음 스케일링 효과 연구	해수부	2012-01 ~ 2014-12

	기획과제	R&D 과제	부처	기간
17	그린포트 기술개발	정박 중 선박용 무선 전력 공급 장치 설계 및 구현	중소기	2014-11 ~ 2016-11
18	선박 IT 기술개발	친환경 하이브리드 그린십(Green Ship)을 위한 선박용 IT 융합시스템 개발	중소기	2013-08 ~ 2013-11
		선박통합제어시스템 성능 검증 및 운용 시뮬레이션을 위한 클라우드기반 솔루션 개발	미래부	2014-07 ~ 2016-03
19	차세대 에너지기술 개발	차세대 친환경에너지 해상운송 기술개발	해수부	2011-09 ~ 2016-05
		녹색에너지 가스 하이드레이트 생산 및 수송에 최적화된 anti-freeze peptide 대량 생산 기술 개발	중소기	
20	기타	친환경 고부가가치선박용 기자재·부품 표준화 기반구축	산자부	2010-04 ~ 2015-03
		선박배출 오염물질의 환경영향성 및 기후강제력 평가를 위한 전지구 3차원 광화학 수송모델의 개발	중소기	2012-09 ~ 2015-08
		IMO 선박안전 및 환경규제 대응 정책연구	해수부	2011-12 ~ 2016-07
		선박에너지최적화와 안전운항을 위한 전지구 해상 기상정보시스템 개발	환경부	2013-09 ~ 2016-02

자료: 국가과학기술지식정보서비스 (www.ntis.go.kr)⁸⁸⁾

이에 따르면, 정부는 선박에 관한 많은 친환경기술을 개발하여 왔다. 선박과 관련한 건조 기술, 친환경 연료를 사용할 수 있는 기자재 연구, 선박 운항으로 발생하는 오염물질을 저감할 수 있는 기술 등 다양한 기술을 연구하고 있다.

또한 당면한 문제뿐만 아니라 미래선박 기술을 개발하고 있다. 선주들이 선박 환경규제와 관련하여 고려하고 있는 기술보다 더욱 고차원적인 기술 즉, 폐열 회수 발전 시스템, 전기추진선박, 연료전지, IT 융합 등에 투자함으로써 기술력을 확보하고 있다.

선박에 관한 기술 외에도 항만에서 선박이 자체적인 발전시스템을 사용하지 않고 육상 전력을 사용할 수 있는 기술 등의 개발에 참여함으로써 선박과 관련한 연계산업의 기술개발 또한 추진하고 있다.

⁸⁸⁾ 해양수산부 IMO 해양환경 분야 국익창출을 위한 대응전략 기초 연구 보고서에서 재인용

2. 적용결과 분석

우리나라는 현재까지 세계 조선 산업의 절대적 포지션을 차지하고 있는 조선 강국으로 지속적으로 에너지효율 개선기술을 개발하여 왔다. 친환경기술과 관련하여 세부적으로는 국가 R&D 자금을 활용하여 개발한 기술은 많지만, 실제로는 조선소 자체적으로 개발한 기술을 신조선에 적용한 사례가 많아 정부 투자 대비 활용도가 미흡한 실정이다.

그러나 운항선박에 대해 에너지효율 개선을 통한 환경개선 정책 노력은 부진한 것으로 판단된다. 물론 일부선사의 경우 경제적인 이유로 에너지효율개선기술을 적용하기도 하였지만 보편적인 사례로 볼 때 운항중인 선박에 하드웨어 차원이든 소프트웨어 차원이든 개선 노력은 부진한 것으로 판단된다.

또한 기존 대체연료로 꼽히는 선박으로의 전환이 부진하다. 그간 많은 LNG 관련 기술 포럼 등이 개최되었지만 국내에 등록된 선박 가운데 LNG 연료를 사용하는 선박은 인천항만공사에서 운용 중인 관공선 외 새롭게 발주되는 LNG 연료운반선으로 한정되고 있는 실정이다.

3. 현황 및 문제점

운항선박에 대한 친환경 기술정책의 추진이 부족한 사유로는 정부나 관련 연구기관의 관심이 신조선 위주의 기술개발에 집중된 것이 그 원인으로 사료된다. 또한 선주단체의 관심 저하로 인해 관련 정책을 요구하거나 마련하기 위한 협업에 소홀하였던 것이 문제점으로 볼 수 있다. 또한 해운산업의 자체적인 기술혁신 R&D 투자는 선진국인 머스크라인의 친환경 경영전략에 의한 기술혁신과 투자와 비교할 때 극히 적은 것으로 볼 수 있다.

대체연료로의 전환에 있어 두 가지 측면의 고려사항이 있다. 먼저 환경적인 측면에서 볼 때 과연 선박이 연료전환을 통하여 환경적 목표를 달성할 정도로 심각한 상태인지에 대한 평가가 필요할 것으로 사료되고, 전환될 연료가격이 시장 경제의 비용 측면에서 타당성이 있는지를 고려하여야 한다. 특히, LNG 연료는 황 함유량 측면에서는 장점을 발휘할 수 있지만 온실가스 감축 측면에서

는 당장 온실가스에 대한 정책 목표가 부재하므로 연료전환으로 인한 온실가스 감축목표 달성이라는 목표는 해운회사 입장에서는 고려사항이 되지 못함을 확인할 수 있다.

한국의 경우 그간 LNG 가격이 다른 나라 대비 고가였으며 국제적인 가격 전망 또한 불확실하다고 전망되고 있으나 2020년 이후의 국제협약에 의한 함유량의 규제치 목표를 만족시킬 수 있는 대안이 부족한 상태에서 지속적으로 대체연료에 대한 논의는 LNG로의 방향을 선회하기는 어려울 것으로 전망된다. 이러한 점을 고려해 볼 때 대체연료에 대한 방향은 LNG 운항선박으로 고려되고 있으나 논의 및 사용과정에서의 문제점을 안고 있으므로 상당한 시간이 소요될 것으로 전망된다.

4. 개선방안

신조선에 대한 에너지효율설계지수(EEDI)의 조건을 충족시키기 위한 조선 산업에서의 친환경기술 적용선박은 선박의 대형화라든지 연료소모량을 감축시키기 위하여 경제속도의 운항을 고려한 이전보다 적은 주기관을 선박에 탑재하는 등 다양한 노력이 지속될 것으로 사료되나 문제는 친환경기술 적용이 미진한 현존 운항선박에 대한 친환경기술 도입을 장려할 수 있는 정책 마련이 무엇보다도 필요하다고 하겠다.

미래 친환경기술 적용한 선박으로의 전환 또는 근본적으로 대체연료를 사용하여 향후 국제협약의 이행조건을 만족시키기 위한 기술개발과 발전을 도모하기 위해서는 LNG 연료 등 대체연료에 대한 연구기관 및 정부기간의 중립적 연구 결과가 보다 보편적으로 알려질 필요가 있다. LNG 연료에 대한 많은 홍보가 관련 이해관계자 등을 통해 알려지고는 있으나 그 결과가 일부 편중되어 작성된 경우가 많으므로 이해관계자들의 상호 이해관계에 영향을 미칠 수 있으므로 상업적인 전략적 접근도 중요하지만 친환경기술 적용을 통한 미래 환경유산을 보호하는 글로벌 기여 차원에서 각 연구기관의 중립적인 보고서가 더욱 많이 보급되어 일반인에게도 잘 알려질 필요가 있다.

1) 법령 제정

친환경선박 진흥정책을 지원하기 위한 법률적 기반 구축이 필요하다. 자동차의 경우 환경친화적 자동차⁸⁹⁾의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률⁹⁰⁾을 통해 환경친화적 자동차의 개발 및 보급에 관한 시행계획을 마련하고 있다. 기술개발을 지원시책, 친환경연료 생산자 지원, 자동차 구매자 등에 대한 지원에 대한 근거를 제시하고, 공공기관의 구매의무 등을 명시하여 환경친화적 자동차에 대한 정책적 지원근거로서 활용할 수 있다.

현행 선박에 관한 관련법으로는 해양환경관리법이 있다. 그러나 해양환경관리법은 선박에 관한 한 국제협약 및 조약을 국내법으로 수용한 내용이 대부분으로써 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률에서와 같은 친환경선박에 대한 적극적인 진흥시책 근거로는 부족한 것으로 사료된다⁹¹⁾. 자동차 사례를 반영하여 친환경선박 정책 및 기술개발에 대한 관련 법령을 제정할 필요가 있다.

2) 친환경 인센티브 제도에 대한 편익 재검토

현재 제공하는 있는 친환경선박에 대한 인센티브 제도 등의 효과 등을 분석하고 실제 친환경선박 운영으로 얻어질 수 있는 환경편익을 고려하여 인센티브를 제공하는 방향으로 제도를 검토할 필요가 있다.

세계적으로 운영되고 있는 친환경선박 인센티브 프로그램이라고 할지라도

89) 전기자동차, 태양광자동차, 하이브리드자동차, 연료전지자동차, 천연가스자동차 또는 클린디젤자동차 등을 의미한다.

90) 제1조(목적). 이 법은 환경친화적 자동차의 개발 및 보급을 촉진하기 위한 종합적인 계획 및 시책을 수립하여 추진하도록 함으로써 자동차산업의 지속적인 발전과 국민 생활환경의 향상을 도모하며 국가경제에 이바지함을 목적으로 한다.

91) 물론 해양환경관리법 제6조에 따르면 해양수산부장관은 해양환경의 효과적인 관리 및 선박 에너지효율의 개선에 필요한 과학기술을 개발하고 관련 산업의 발전을 촉진시키기 위하여 필요한 시책을 강구하고, 해양환경의 보전·관리, 해양오염방지 및 선박에너지효율의 개선에 공동으로 대처하기 위하여 외국의 정부 또는 해양환경 관련 국제기구와 협력하여 필요한 사업을 실시할 수 있다. 또한 공동으로 참여하는 관련 연구기관 및 학술기관에 대하여 예산의 범위 안에서 필요한 지원을 할 수 있다. 그러나 기술정책 외 정책적으로 친환경선박에 인센티브를 주는 등의 근거로서는 부족해 보인다.

지역특성에 맞게 개편하여 시행하는 것도 필요해 보인다. 예를 들어, 미국 뉴욕뉴저지항만은 Environmental Ship Index 제도 시행에 있어 항만 입항선박이 자발적으로 감속운전을 할 경우 Environmental Ship Index 추가 점수를 배점함으로써 환경편익을 높이고 있다.

3) R&D 정책

이미 많은 친환경선박 관련 기술이 정부자금으로 개발되고 있으나, 동일한 내용의 과제를 부처별로 실시하는 사례가 있고, 개발 기술에 대한 적용 가능 여부 등의 고려 없이 아이템 나열식으로 개발되고 있는 것이 목격된다. 또한, 선박 수명이 25년~30년가량 됨을 고려할 때 친환경적인 신조선이 투입되더라도 기존 운항 중인 선박에 대한 관리가 배제된다면 전체적인 환경개선 효과는 반감될 수 있다.

그러므로 선박기인 환경오염물질에 대한 총량관점에서 우선순위에 대한 식별이 필요하다. 이를 통해 보급 확산이 용이하며, 보편적 적용가능성이 높은 기술을 우선 개발적용하고 확대하여야 한다. 미래 선박에 대한 개발 지원을 통해 국내 조선 산업의 경쟁력을 확보하는 것이 중요하다.

제2절 우리나라의 친환경기술 적용 및 도입실태

1. 친환경기술 적용사례

현재 우리나라 해운산업에서 실제로 사용되고 있는 친환경기술 적용현황을 보면 <표 4-4>와 같이 정리할 수 있으며, 친환경기술을 대기오염 및 수질오염 물질로 구분하여 정리하였다.

전통적으로 관리되어온 유류, 쓰레기, 발지 등은 제외하고, 새롭게 관리가 필요한 CO₂, SO_x, NO_x 그리고 Ballast와 관련된 사항으로 구분하여 국적선사에 적용되어 있는 기술 현황을 정리하였다.

<표 4-4> 우리나라 국적선사 선종별 친환경기술 적용현황

대분류	소분류	선종			
		CNTR	LNGC	Tanker	Bulk
CO ₂	선체 저항	Hull Cleaning/Blasting	●	●	●
		Propeller polishing	●	●	●
		Paint	●	●	●
		Bulbous Bow Modification	●		
		Hull Optimization	●	○	○
		Air Lubrication(Micro Bubble)			
	추진 효율	PBCF	●	●	
		Pre Swirl Stator	●		
		Twisted leading edge rudder	●		
		Mewis duct		●	●
		Rudder Fin	●		
		Saver Fin			
		Contra Rotating Propeller			
	엔진 효율	Variable Ignition Distributor	●		
		M/E slide valve	●	●	●
		M/E Derating	●		
		Electronic Engine	●		
		Turbo Charger Cuf off	●	●	●
	운항 효율	Weather Routing	●	●	●
		Trim Optimization			
		Energy Efficiency Monitoring System	●	●	●
		Slow Steaming	●	●	

대분류		소분류	선종			
			CNTR	LNGC	Tanker	Bulk
SOx	연료유	Low Sulfur Fuel Oil	●	●	●	●
		LNG Fuel		●		
	저감 장치	Exhaust Gas Cleaning System	○	○	○	○
NOx		Selective Catalytic Reduction	○	○	○	○
		Exhaust Gas Recirculation	○	○	○	○
Ballast		Ballast Water Exchange	●	●	●	●
		Ballast Water Treatment System	○	○	○	○

자료: 현대해양서비스 정리

2. 친환경기술 도입실태 분석

1) 선체저항(Hull Resistance) 개선 기술

선체의 저항을 개선하기 위한 친환경기술로 분류되는 개선기술에는 선체 최적화 기술, 구상선수 개조, 선체 및 프로펠러 소제(Cleaning), 연료절감형 도료(Energy Saving Paint) 도포, 공기윤활방식(Air Lubrication, Micro Bubble) 등의 기술이 보편화되어 있다.

이 가운데 선체 최적화 기술은 선박 예상 운항 항로 및 상태 등을 고려하여 선체의 저항을 최적화하는 기술로써 주로 신조선의 선박건조할 때 사용된다.

구상선수 개조기술은 이미 운항 중인 선박이 운항 선속 변경 등 운항 환경 변화에 따라 구상선수를 현재 운항 조건에 맞게 재설계하여 기존 선수를 개조하는 기술을 말한다. 2013년 이후 많은 선사에서 친환경기술로 채택하여 적용중이며 주로 고속 운항하도록 설계된 컨테이너선이 저속운항에 최적화 되도록 개조되는 사례가 많았다.

선체 및 프로펠러 소제(Cleaning)기술은 선박이 운항 중에 장기간 정박을 하였거나 선박에 적용된 도료의 수명이 다하여 선박방오시스템 기능을 다 한 경우 저항개선을 위하여 정박 중 다이버(Diver)를 수배하거나 유사기능을 하는 로봇을 투입하여 선체 및 프로펠러의 오손을 제거하는 기술이다. 그러나 선체 소

제(Cleaning)시 선체의 도막 파손 등의 단점이 발생하므로 주의를 요한다.

연료절감형 도료는 선체 방오 도료를 고사용으로 적용하여 표면의 조도를 개선함으로써 선체 저항을 개선할 수 있다. 이미 많은 도료회사에서 연료절감형 도료로써 실리콘(Silicon), 실리(Sily) 계열의 도료를 개발하여 판촉중이며 많은 선박에서 관련 도료를 사용하고 있다.

그 외 공기윤활(Air Lubrication, Micro Bubble) 기술은 선저에 미세한 공기방울을 생성함으로써 선체 마찰저항을 개선하는 기술로써 주로 소형선에 제한적으로 적용되고 있다.

(1) 구상선수 개조 기술

선체저항 개선기술로는 선체 최적화 기술, 구상선수 개조, 선체 및 프로펠러 Cleaning, 연료절감형 도료 도포, Air Lubrication(Micro Bubble) 등이 있다.

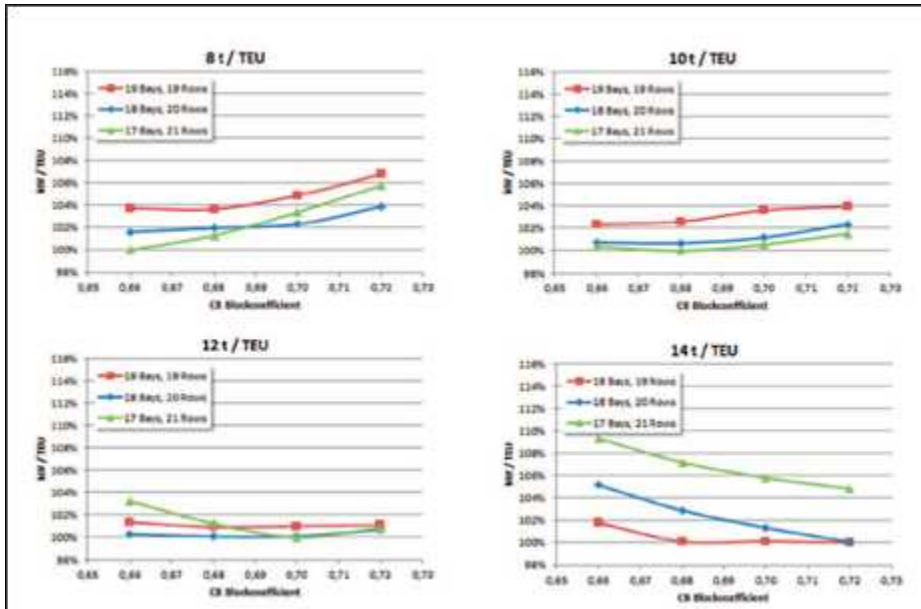
선체 최적화 기술은 선박 예상 운항 항로 및 상태 등을 고려하여 선체를 최적화하는 기술로써, 주로 신조선 건조 시 사용된다. 특히, 불과 1~2년 전만 해도 단순히 선박의 예상 운항 속력 및 흘수 정도만 고려하여 선형을 설계하곤 하였으나, 최근에는 이에 더하여 평균 선적화물의 무게 및 방형비척계수를 고려하여 최적의 선형을 설계한다⁹²⁾.

구상선수 개조 기술은 이미 운항 중인 선박이 운항 선속 변경 등 운항 환경 변화에 따라 구상선수를 현재 운항 조건에 맞게 재설계하여 기존 선수를 개조하는 기술을 말한다. 2013년 이후 많은 선사에서 채택하여 적용중이며, 주로 고속 운항하도록 설계된 컨테이너선이 저속운항에 최적화되도록 개조되는 사례가 많다.

8,600TEU CNTR는 고속운항(27Kts)에 최적화되어 있으나 운항환경 변화에 따라 실재는 저속(18Kts~20Kts)에서 운항되고 있음을 고려하여, 최적화에 영향이 가장 큰 Bulb 및 Propeller를 저속에 맞게 개조하여 연료절감 실현효과를 검증하였다.

⁹²⁾ DNVGL Container ship update 2016, 1호, pp.17~19

〈그림 4-1〉 컨테이너선 평균선적화물무게 및 방형비척계수에 따른
선형별 에너지효율 비교



자료: 현대해양서비스 정리

〈표 4-5〉 구상선수 개조에 따른 작업내역

구 분	내 용	이 행	시행 시기
Task 1	실제 운항 Profile 식별	HMM	'12년 11월
Task 2	CFD*분석	DNV	'12년 12월
Task 3	Bulb 설계	DNV, DSEC	
Task 4	Feasibility Study	HMM, DNV, DSEC	
Task 5	Bulb 제작/취부	HMM, DNV, DSEC	'13년 2월
Task 6	Trim 최적화, EEDI 계측	HMM, DNV	'13년 3월

자료: 현대해양서비스

개조 후 12개월 운항자료 평가결과, 18Knots 기준 5.0% 에너지효율 개선되었으며, 이는 사전 CFD 예측치와 유사한 결과를 나타내었다. 개조한 구상선수는 저속운항구간에 최적화 설계되어, 20Knots 이상 증속 시 에너지효율 개선 효과 반감된다.

사선대상 효과 검증 후, 이를 바탕으로 용선 8,600TEU 4척에 대하여 선주를 대상으로 수차례 협상 및 설득을 통하여 개조 완료하였다.

〈그림 4-2〉 구상선수 개조작업 전과 후



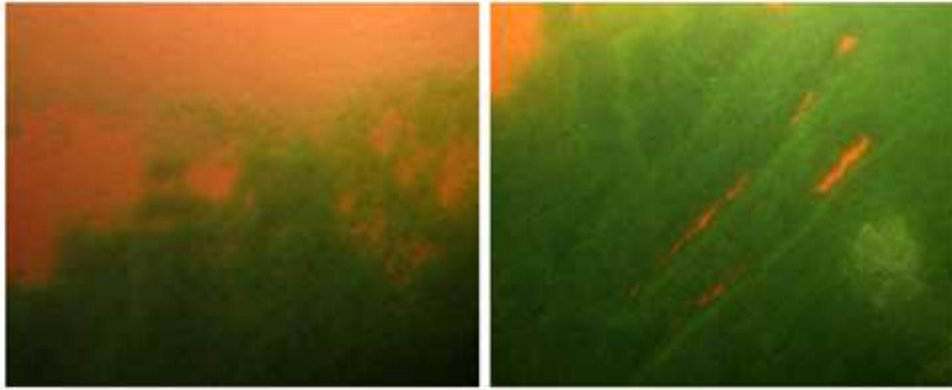
자료: 현대해양서비스

(2) 선체 및 프로펠러 Cleaning 기술

선체 및 프로펠러 Cleaning 기술은 선박이 운항 중에 장기간 정박을 하였거나, 선박에 적용된 도료의 수명이 다하여 방오 기능을 다 한 경우 저항개선을 위하여 정박 중 Diver를 수배하거나 유사기능을 하는 로봇을 투입하여 선체 및 프로펠러의 오손을 제거하는 기술이다. 그러나 선체 Cleaning 시 선체의 도막 파손 등의 단점이 발생하므로 주의를 요한다.

〈그림 4-3〉 선체 오손 점검 사진

(출처: 현대상선)



자료: 현대해양서비스

〈그림 4-4〉 GAC사 ENVIRONHULL 기술



자료: GAC

(3) 연료절감형 도료

연료절감형 도료는 선체 방오도료를 고사용으로 적용하여 표면의 조도를 개선함으로써 선체 저항을 개선할 수 있다. 이미 많은 도료회사에서 연료절감형 도료로써 Silicon, Sily 계열의 도료를 개발하여 판촉 중이며, 많은 선박에서 관련 도료를 적용하였다.

〈그림 4-5〉 선박 도장



자료: NIPPONG PAINT

일부 도료 업체는 연료절감형 도료를 적용한 선박에 대해 연료절감 실적을 산출하여 탄소배출권을 제공하는 서비스를 하고 있다⁹³⁾.

Air Lubrication(Micro Bubble) 기술은 선저에 미세한 공기방울을 생성함으로써 선체 마찰저항을 개선하는 기술로써 주로 소형선에 제한적으로 적용되고 있다.

〈그림 4-6〉 Air Lubrication 시스템



자료: Mitsubishi 중공업

⁹³⁾ AkzoNobel사는 Gold Standard사로부터 자사 연료절감형 도료를 적용한 선박에 대해 탄소배출권을 발행받아 제공하고 있다. 이 탄소배출권은 교토의정서에 따라 발급되는 것은 아니며, 자발적 배출권 거래시장에서 활용가능하다.

2) 운항효율 개선 기술

운항효율 개선기술로는 날씨 운항(Weather routing), 트림최적화(Trim Optimization), 성능점검시스템(Performance Monitoring system), 슬로스티밍(Slow Steaming) 등의 기술이 있다.

날씨 운항(Weather routing) 기술은 전문 기상업체에서 제공되는 기상정보를 바탕으로 기상조건에 맞춰 최적화된 항로를 선정하여 선박을 운항하도록 하는 기술을 말하며 이 기술은 이미 많은 운항선사에서 보편적으로 사용하고 있는 기술이다.

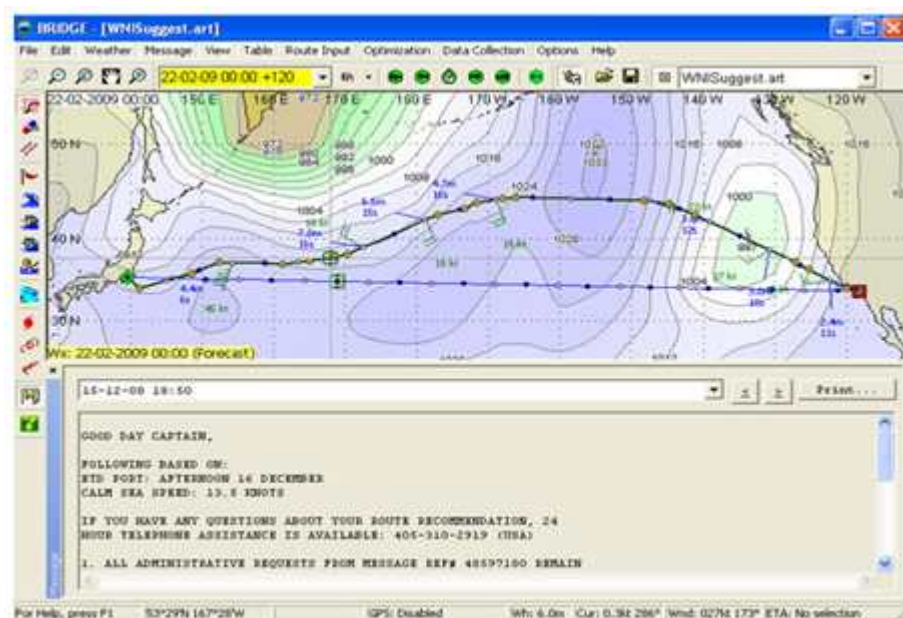
트림최적화기술 (Trim optimization)은 선박의 속도 및 흘수에 따라 연료효율이 가장 좋은 트림(Trim)을 유지하여 선박을 운항하도록 하는 기술이다. 이미 많은 연구와 실제 선박의 적용을 통하여 검증된 기술로 대형컨테이너선의 경우 선수쪽 트림을 (Trim by the Head) 1M 이상으로 운용하는 것이 가장 에너지효율적이라고 발표되어 있으나 선속 및 흘수에 따라 최적 운항조건이 다를 수 있다. 기타 선종의 경우 해당 선박의 운항조건에 따라 최적 조건이 또한 다르므로 CFD⁹⁴⁾ 또는 수조실험 등을 통하여 선박의 최적 운항 트림(Trim) 자료를 확보하는 것이 중요하다고 하겠다. 또한, 최적 트림(Trim)을 확보하기 위하여 추가적인 평형수를 주입하게 되는 경우가 있는데 이러한 경우 추가적인 평형수 주입으로 인하여 배수량의 증가에 따라 선체 저항값이 커질 수 있으므로 최적화 비교를 통하여 선박 운항조건을 결정하여야 한다.

성능점검시스템(Performance Monitoring System)은 에너지효율을 실시간으로 계측하여 선박 및 육상에서 모니터링 함으로서 선박의 운항효율을 판별할 수 있으며 필요한 경우 선박 운항 조건을 개선할 수 있다. 이러한 선박 모니터링 시스템은 주로 선박에너지효율 모니터링, 엔진효율 모니터링 등의 기능을 갖추고 있으며, 위성시스템의 비용감소 및 선박과 육상 간의 업무교류에 대한 요구 증가에 따라 더욱 많은 선사들이 채택하고 있는 실정이다.

⁹⁴⁾ 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics)을 뜻하는 약칭으로 유체의 운동을 기술하기 위해 편미분장방식을 이산화하여 대수 방정식으로 변환하고 이를 수치 기법의 알고리즘을 사용하여 유체 유동 문제를 풀고 해석하는 소프트웨어

슬로스티밍 (Slow Steaming)은 가장 기본적인 방법으로 선박의 속도를 감소시켜 저속 운항하므로 연료소모량을 줄이는 기술이다. ‘IMO GHG STUDY 2014’ 연구결과에 따르면, 5,000~7,999TEU급 컨테이너선박의 속력이 2007년 대비 2012년 약 20%가량 감소한 반면 연료소모량은 약 50%가량 저감되었음을 알 수 있다. 이와 같이 선속 저감은 연료소모량 감소에 가장 큰 영향을 미치는 요소로써 작용하고 있다. 다만, 엄밀히 말하자면 에너지효율지수(EEDI)를 충족시키기 위한 가장 편리한 방법이며 친환경기술 개발을 저해시키는 요인으로 볼 수 있다. 또한 지속적으로 저속 운항을 할 경우 연료소모량 총합계(SFOC)⁹⁵⁾가 증가할 수 있으므로 슬로스티밍 (Slow Steaming) 키트 또는 기타 설비를 하여야만 선박이 안전하게 운행할 수 있는 단점이 있다고 하겠다.

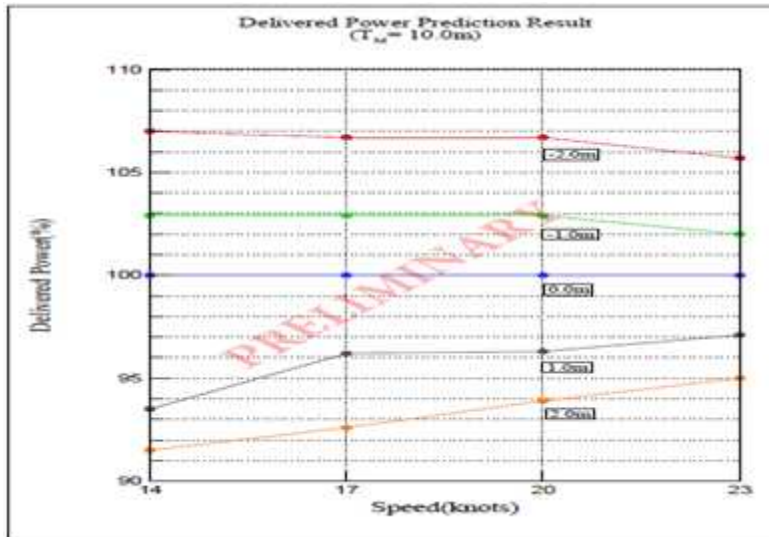
〈그림 4-7〉 기상업체의 추천항로



자료: Weather news

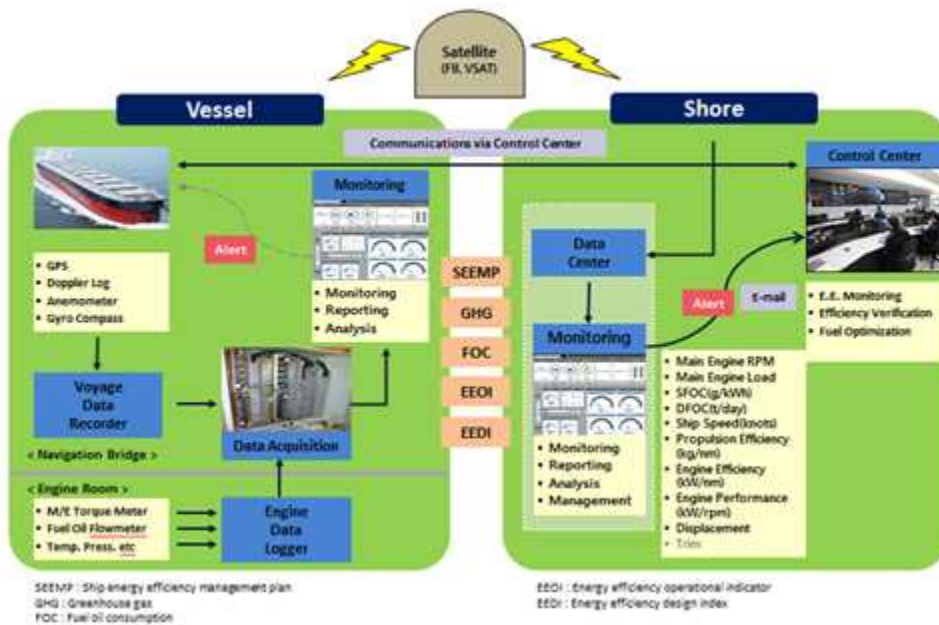
⁹⁵⁾ Specific Fuel Oil Consumption, 단위 일당 연료 소모량

〈그림 4-8〉 트림에 따른 전달마력 계산



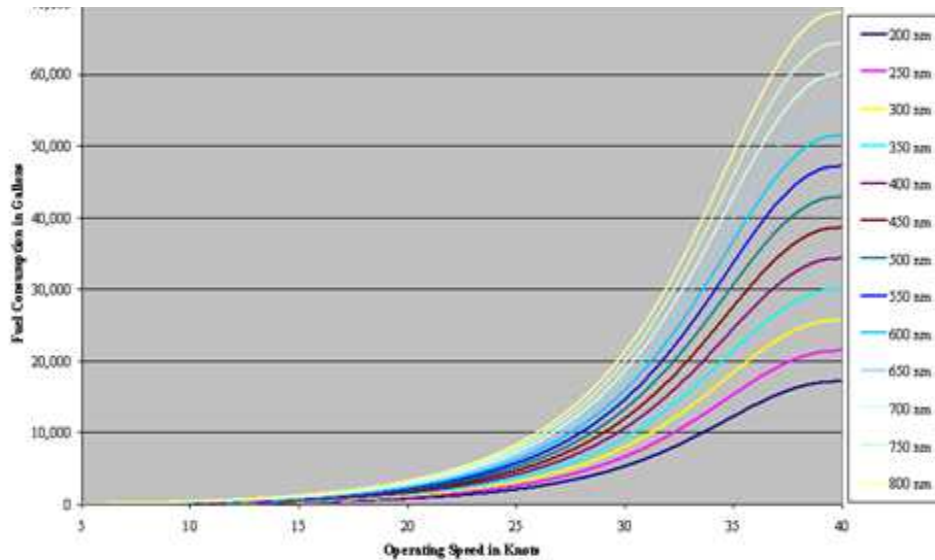
자료: 현대상선

〈그림 4-9〉 에너지효율모니터링시스템



자료: 현대해양서비스

〈그림 4-10〉 운항속력에 따른 연료소모량 변화



자료 : Short Sea Shipping: Alleviating the Environmental Impact of Economic Growth, Robert F. Mulligan, Western Calina University / Gary Lombardo, United States Merchant Marine Academy

3) 추진효율 개선 기술

추진효율개선 기술은 선박 프로펠러 전단 또는 후단에 부가적인 설비를 설치하여 선박의 추진효율을 개선하는 기술로써 프르스웰 (Pre Swirl Stator), 메위스 덕트 (Mewis Duct), 프로펠러 보스캡핀 (Propeller Boss Cap Fin), 러더 핀 (Rudder fin), 세이버 핀 (Saver Fin), 로테이팅 프로펠러 (Contra Rotating Propeller) 기술 등이 있다.

이러한 기술들은 대부분 개발한 업체가 독자적으로 개발하여 개발업체에서 붙인 명칭을 사용하고 있다. 이 기술들의 주요원리는 프로펠러 전단에 설치되는 기술로는 프리스웰 (Pre Swirl Stator), 메위스 덕트 (Mewis Duct), 세이버 핀 (Saver Fin) 등이 있는데 이는 프로펠러로 유입되는 물의 흐름을 균일하게 하거나 유속을 증가시키는 방식으로 추진효율을 개선할 수 있다.

Pre Swirl Stator는 2007년 대우조선해양이 개발한 기술로, 선미 프로펠러 앞부분에 전류고정 날개(Pre-Swirl Stator)를 설치하여 연료를 절감하는 기술이다. 프로펠러의 바로 앞부분에 4개의 고정날개를 부착해 선미부분에서 프로펠러로 유입되는 물의 흐름을 균일하게 해주는 역할을 하여 기존 선박에 비해 약 3~5%가량의 연료 절감 효과가 있는 것으로 알려지고 있다⁹⁶⁾.

Mewis Duct는 독일 Becker사가 개발한 기술로써, 프로펠러로 유입되는 유속을 증속시킴으로써 추진효율을 개선하는 기술이다.

Saver Fin은 삼성중공업이 개발하여 선박 추진기에 유입되는 물의 저항을 제어함으로써 선박 운항에 소요되는 연료를 최대 5%정도 줄여줌과 함께 선체 진동도 약 70%까지 줄이는 장치이다. 즉, 추진기에 불균일한 유속을 발생시키는 원인을 제거함으로써 불균일한 유속을 줄이는 것이 원리이다⁹⁷⁾.

프로펠러 후단에 설치되는 기술로는 프로펠러 보스캡핀 (Propeller Boss Cap Fin), 러더 핀 (Rudder Fin), 로테이팅 (Contra Rotating Propeller) 등의 기술이 있으며 와류를 감소하거나 비행기의 양력의 원리를 활용 또는 추진효율개선 원리 등을 이용한다.

〈그림 4-11〉 추진효율 개선 기술

Pre Swirl Stator
(출처: 월간 해양과조선)



Mewis Duct 장착
(출처: Becker사)



⁹⁶⁾ 월간 조선과해양, <http://www.shipbuilding.or.kr/Technical/Ship/DSME0909/DSME0909.html> (검색: 2016.8.20.)

⁹⁷⁾ 출처: http://www.shi.samsung.co.kr/Kor/pr/talk_view.aspx?Seq=6&mac=301953c0a39d0_f9b78fbf43ac9731dc2 (검색: 2016.8.20.)

Propeller Boss Cap Fin
(출처: MOTECH)



Saver Fin
(출처: 삼성중공업)



Contra Rotating Propeller
(출처: Marine engineering)



Rudder Fin
(출처: 현대중공업)



Propeller Boss Cap Fin(PBCF) 기술은 1987년 일본 MOL사가 Nakashima Mitsuwa Propeller사와 공동 개발한 기술로써 프로펠러 후방에 작은 프로펠러를 설치하여 와류를 감소시키는 원리로 추진효율을 개선한다. 최대 5%가량 에너지효율개선이 가능하며, 2016년 4월까지 신조선 및 현존선 포함 약 3,100여 척의 선박에 장착되었다⁹⁸⁾.

Rudder fin은 비행기가 뜨는 양력의 원리를 활용하였으며, 조선소마다 개별적인 이름을 붙여 적용하고 있다⁹⁹⁾. Rudder fin은 최대 6%가량 에너지효율개선이 가능하다¹⁰⁰⁾.

Contra Rotating Propeller는 하나의 축에 연결된 순방향으로 도는 1차 프로펠러와 1차 프로펠러로부터 발생하는 에너지를 이용하기 위한 역방향으로 도는

⁹⁸⁾ 출처: <http://www.pbcf.jp/>

⁹⁹⁾ 현대중공업은 Thrust Fin이라 칭한다.

¹⁰⁰⁾ 출처: <http://www.ubergizmo.com/2008/06/hyundai-thrust-fin/>

프로펠러를 결합한 것으로써 항공기에 많이 적용된 바 있다. 높은 에너지효율 개선에도 불구하고, 복잡한 구조로 인한 높은 비용으로 인해 상선에는 적용 사례가 극히 드물다.

4) 엔진효율 개선 기술

일반적으로 배의 심장이라고 할 수 있는 엔진의 성능을 개선하기 위하여 주기관의 조절 ((M/E De-rating), 전자엔진 시스템, 터보차저 컷오프 (T/C Cut-off) 기술 등을 사용되고 있다.

먼저, 주기관 조정 (M/E De-rating) 기술은 원래 설계된 엔진 출력을 운항 조건에 맞춰 엔진출력을 재설계하고 개조하는 기술이다. 신조선의 경우 선박 계약 당시와 인도 시점 운항 조건이 달라 조정 (De-rating)을 하는 경우가 많으나 운항선박의 경우 실제 이행 사례를 찾기 힘들다.

전자엔진은 기존 기계식 엔진을 연료분사 및 배기변 개폐시점을 부하별로 전자적으로 제어하여 연소효율을 증가시키는 방식이다. 기계식 엔진보다 가격은 높으나 정확하고 정밀도가 높은 프로그램 제어방식으로 최근 건조되는 많은 선박에서 전자엔진을 채택하는 사례가 증가하고 있다. 그러나 기존 기계식 엔진을 전자엔진으로 바꾸는 사례는 거의 없다.

터보차저(T/C Cut-off) 기술은 지속적으로 저속 운항하는 선박의 엔진효율을 증가시키기 위하여 터보차저(Turbo Charger) 일부를 차단하는 기술을 지칭한다.

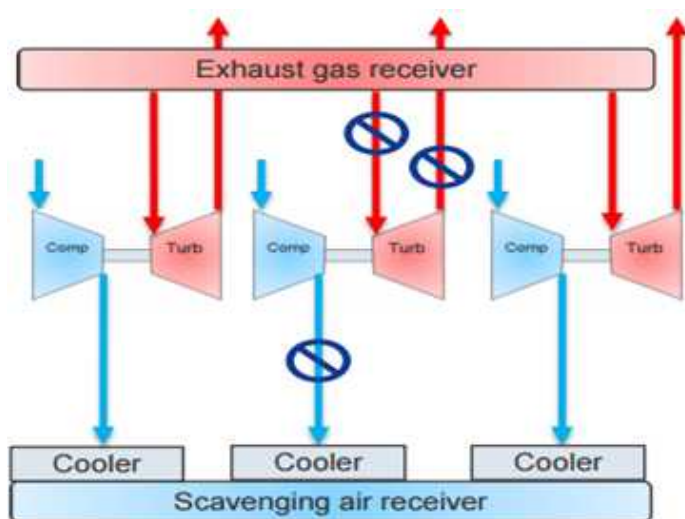
엔진의 정격출력 대비 저속운전을 지속할 경우 Soot 등이 보일러, 과급기에 쌓이게 되며, 보조 Blower가 자주 ON-Off를 반복하게 되어 엔진의 효율이 감소하게 된다. 그러므로 저속운전을 지속할 경우 Turbocharger가 Cut off하는 것은 소기압력 개선, Specific fuel oil consumption 개선 및 엔진 부품 과열을 방지할 수 있는 기능을 하게 된다. 선박의 종류의 구분 없이 저속운항을 지속적으로 시행하는 선박에서 많이 적용되고 있는 기술이다.

〈그림 4-12〉 전자엔진



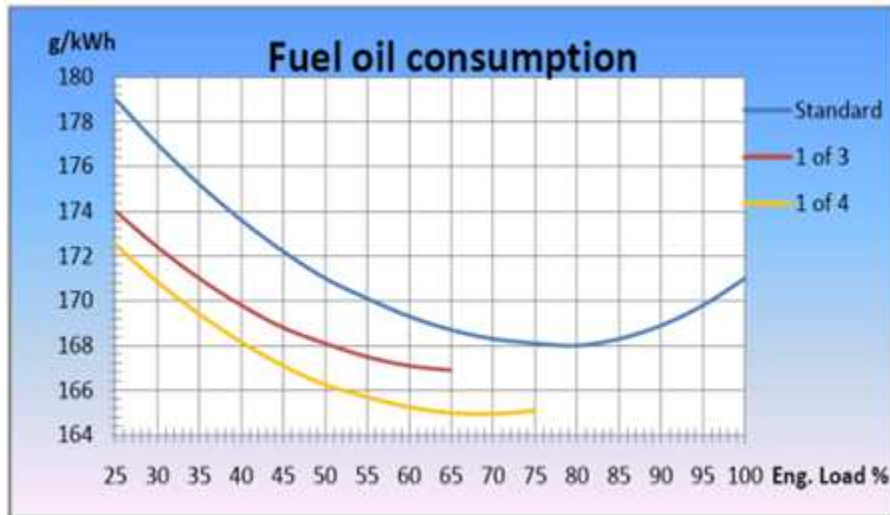
자료: MAN Diesel & Turbo

〈그림 4-13〉 Turbocharger Cut off 사례



자료: 두산엔진

〈그림 4-14〉 Turbocharger 1대 Cut off 시 연료소모저감 사례



자료: 두산엔진

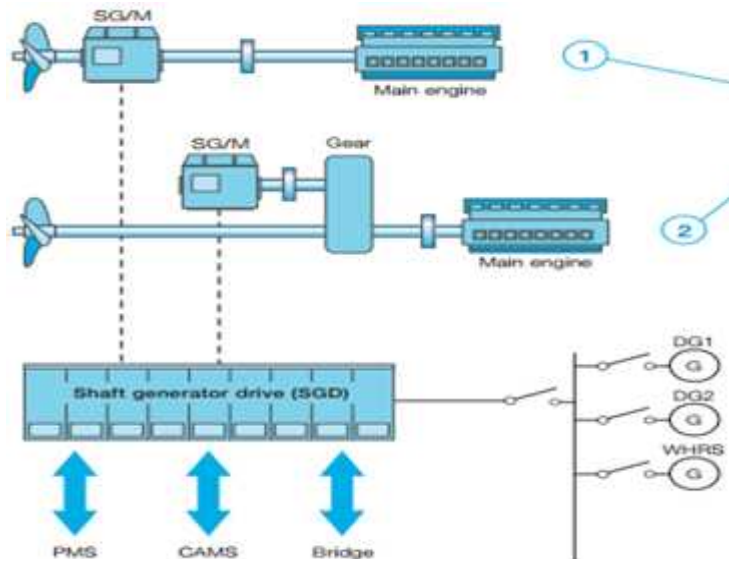
5) 기타 에너지절감 기술

상기에서 언급한 많은 친환경기술 이외에 다수의 에너지절감 기술들이 선박에 적용되고 있다. 그 중에서 폐열회수시스템 (Waste Heat Recovery System)은 고온의 배기가스를 이용하여 선내 전력을 생산하는 방식으로 절대적으로 에너지 사용을 절감할 수 있는 기술이다. 그러나 현재까지 폐열회수시스템의 부피가 아주 큰 관계로 기존 운항선박에 설치하기 위한 비용 및 공간의 부족으로 현실적으로 많이 적용하고 있지 못한 실정이다¹⁰¹⁾.

축발전기 (Shaft Generator) 기술은 선박엔진과 프로펠러를 연결하는 축에 발전기를 연결하여 축 회전으로부터 얻어진 운동에너지 일부를 이용하여 전력을 생산함으로써 일부 선박은 항해 중에 보조발전기를 사용하지 않을 정도로 에너지 사용을 절감할 수 있다. 또한, 발전기 자체보다 소음과 진동이 적어 승무원

¹⁰¹⁾ Maersk Line은 70여 척 이상의 선박에 지속적으로 설치하고 있으며, 대략 9%의 온실가스 배출량을 감소할 수 있다고 주장하고 있다.(출처: MAERSK LINE 홈페이지, 검색: 2016.8.19.)

〈그림 4-16〉 Shaft Generator



자료: ABB

〈그림 4-17〉 연료유 첨가제 적용



자료: 일본유화

연료유 첨가제는 연료유에 미량을 첨가하여 연료유 내 sludge를 분산하고 연소속도 증가 즉 연소부하율(발열량)의 증가로 연료절약 효과를 기대할 수 있다.

연료유를 미세하고 균질 하게 함으로써 배출가스중의 NO_x, SO_x, SOOT, 부유 입자성 물질을 감소시키는 효과가 있다. 제조사 주장은 약 3~5% 연료절감 효과가 있다고는 하지만 실제로 1~2% 정도의 효과가 있는 것으로 나타난다.

Energy Saving System은 선박의 중앙해수냉각시스템을 최적화하기 위한 지능형 제어시스템으로써 운항중인 선박의 해수 온도, 청수 온도 및 3-way밸브의 개폐위치를 감지하여 선박의 Central Cooling S.W. Pump에 필요한 최적의 에너지를 공급하는 시스템이다.¹⁰²⁾ 냉각을 위한 해수온도가 설계치보다 낮을 경우 냉각기능이 높아지고 이에 따라 냉각에 필요한 해수량을 줄일 수 있다. 즉, 부하 변화를 감지하여 펌프 부하를 조절하고 전력사용량을 감소시킬 수 있다.

6) 기술효과 분석

(1) 개별 기술 평가

DNV에서 2011년 발간한 Fuel Saving Guideline for container ships에 따르면, 아래와 같은 에너지효율 개선 효과를 발표한 바 있다.

그러나 주의할 것은 모든 기술을 적용한다고 하여 모든 효과가 플러스 작용하여 개선되는 것은 아니며, 각 기술마다 동시 적용에 적합한 기술이 있으므로 검토 시 주의를 요한다.

〈표 4-6〉 연료율 절감기술에 따른 각각의 개선율

Category	Items	개선율(%)
선체저항 개선 기술	선체 최적화	최대 10%
	연료절감형 도료	최대 5%
	Hull & Propeller cleaning	최대 5%
추진효율 개선 기술	Pre Swirl Stator	최대 4%
	Mewis Duct	최대 3%
	Nozzles and Ducts	
	Unconventional propeller	최대 4%

¹⁰²⁾ www.dh.co.kr

Category	Items	개선율(%)
추진효율 개선 기술	Propeller Boss Cap Fin	최대 3%
	Contra Rotating Propeller	최대 7%
	Rudder Propeller Bulb Transition	최대 3%
	Optimized Rudder	최대 2%
	Rudder fins	최대 4%
엔진효율 개선 기술	Main Engine De-rating	최대 4%
	Electronic control Engine	최대 2%
	Exhaust Gas Bypass	최대 3%
	Variable Turbine Area	최대 3%
	Hybrid Shaft Generator	-
	Waste Heat Recovery	최대 11%
운항효율 개선 기술	Speed optimization	-
	Weather Routing	최대 5%
	Trim optimization	최대 5%
	Engine tuning	-
	Performance Monitoring	-

자료: Fuel Saving Guideline for Container ships

(2) 선사 평가 사례

2004년도에 설립된 Clean Cargo Working Group은 컨테이너선사, 화주 및 포워딩 업체로 구성된 비영리 작업반이며, 해상운송에서 발생하는 사회, 환경 측면 등을 분석하고 환경보호를 실천하기 위한 목적으로 활동하고 있다. 현재 24개 선사¹⁰³⁾, 20개의 화주 및 Forwarder등이 자발적으로 참여하고 있는 기타 선종에서 볼 수 없는 규모의 자발적 활동이다.

참여하는 선사는 매년 운항하는 선박으로 인해 발생하는 환경영향을 분석하여 작업반에 보고하고, 화주 및 Forwarder는 이러한 정보를 활용하여 보다 친환경적인 공급망 구성을 위해 선박/선사 자료를 활용한다¹⁰⁴⁾.

¹⁰³⁾ APL, ARKAS LINE, CMACGM, COSCO, CROWLEY, 한진해운, 현대상선, EVERGREEN, HAMBURG SUD, HAG LLOYD, ICL, K LINE, MAERSK LINE, MATSON, MCC TRANSPORT, MOL, MSC, NYK, OOCL, UASC, UNIFEEDER, WAN HAI LINES, YANG MING, ZIM 등 24개 선사가 참여중이다.

¹⁰⁴⁾ 독일 DHL사는 2016년 2월 GREEN DANMAR 서비스라는 명칭으로 운송서비스 이용자에게

〈표 4-7〉 컨테이너 주요 운항구간에 따른 CO₂ 평균 배출량

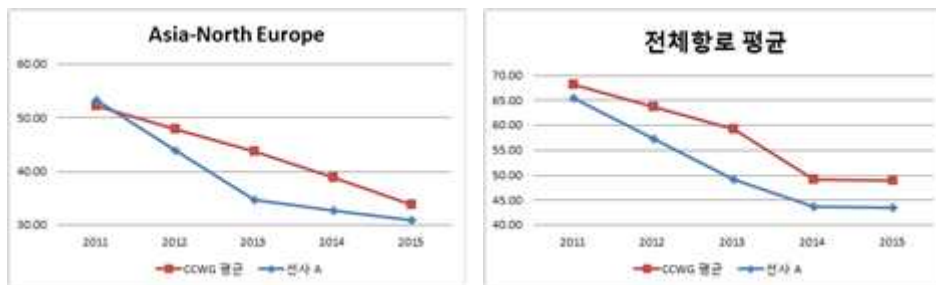
컨테이너 주요 운항 구간(Trade Lane)	CO ₂ 배출량 (g/TEU-km)
Asia to-from Africa	45.82
Asia to-from Mediterranean/Black Sea	38.37
Asia to-from Middle East/India	46.49
Asia to-from North America EC/Gulf	53.82
Asia to-from North America WC	48.84
Asia to-from North Europe	33.73
Asia to-from Oceania	59.50
Asia to-from South America (incl. Central America)	43.44
Europe (North & Med) to-from Africa	59.00
Europe (North & Med) to-from South America (incl. Central America)	54.84
Europe (North & Med) to-from Middle East/India	42.65
Europe (North & Med) to-from Oceania (via Suez / via Panama)	54.21
Intra Americas (all except North EC/Gulf/WC to-from South/Central)	69.56
Intra Asia	59.85
Intra Europe (within North, within Med, North to-from Med)	75.34
Mediterranean/Black Sea to-from North America EC/Gulf	52.11
Mediterranean/Black Sea to-from North America WC	58.81
North America EC/Gulf/WC to-from Africa	66.42
North America EC/Gulf/WC to-from Oceania	74.19
North America EC/Gulf/WC to-from South America (incl. Central America)	57.23
North America EC/Gulf/WC to-from Middle East/India	52.87
North Europe to-from North America EC/Gulf	60.34
North Europe to-from North America WC	60.71
South America (incl. Central America) to-from Africa	42.27
Other	64.56

자료: Clean Cargo Working Group 2016년 보고서

〈표 4-8〉 주요 서비스 구간에 대한 연도별 CO₂ 배출량 변화 현황

구분	CCWG 평균 (CO ₂ g/TEU-KM)						개선율 (2011~ 2015)	평균 Nominal TEU
	2011	2012	2013	2014	2015			
Asia-Middle East/India	69.10	62.59	56.07	54.25	46.49	33%		6528.63
Asia-North America EC	71.85	67.29	62.72	59.22	53.82	25%		6028.69
Asia-North America WC	65.10	61.91	58.72	52.35	48.84	25%		7179.98
Asia-North Europe	52.22	47.92	43.61	38.92	33.73	35%		12991.16
Intra-Asia	70.41	78.90	87.38	67.28	59.85	15%		3098.05
전체 평균	68.14	63.67	59.21	49.23	48.90	28%		-

자료: Clean Cargo Working Group, 집필자 재정리

〈그림 4-19〉 연도별 CO₂ 배출량 추이

자료: Clean Cargo Working Group, 현대해양서비스 정리

주요 서비스 구간에 대한 연도별 CO₂ 배출량 변화 현황과 함께 컨테이너선의 주력항로인 아시아-북유럽 항로와 전체항로 평균을 A 선사의 실적과 비교한 값이다. 항로별 CO₂ 배출량이 차이가 나는 것은 배출량 단위(g/TEU-KM)로 대변되는 선박의 크기에 기인하는 것으로 판단된다. 즉, 2015년의 경우 Asia-North Europe 항로에서 투입되는 선박의 평균 사이즈가 12,991TEU였으며, 배출량이 33.73 CO₂ g/TEU-KM인 것에 반해, Asia-North America EC 항로의 경우 투

입되는 선박의 평균 사이즈가 6,029TEU였으며 배출량은 53.82 CO₂ g/TEU-KM이었다¹⁰⁵⁾.

선박의 사이즈와 함께 선박 운용 측면에서 차이가 있는 것으로 나타난다. 국적선사 A의 경우 Asia-North Europe항로에 투입되는 선박이 평균 12,850TEU로써 투입되는 각사 평균 선박 크기(12,911TEU)보다 작았으나, CO₂ 배출량은 오히려 30.81CO₂ g/TEU-KM으로써 전체 평균보다 8% 이상 배출량이 적은 것은 최소한 기간항로에서만은 선박의 크기를 압도할 수 있는 경쟁력 있는 선박을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

이와 같은 컨테이너 운송부문에서의 자발적인 선박 에너지효율 평가 사례는 선사의 지속적인 선박 에너지효율 개선 노력을 이끌고 있는 것과 함께 사실상 해운전체에서 유일한 사례로써 전체 물류공급망의 개선에도 기여하고 있는 것으로 판단된다.

그러나 컨테이너선박과 달리, 벌크선, 유조선 등에서는 선박 상호 간의 실제 운항상 에너지효율을 비교할 수 있는 도구가 부족한 상태이므로 이러한 벤치마킹 방법의 확산을 통해 선박의 에너지효율개선 노력을 이끌 수 있을 것으로 기대한다.

(3) 선박비교

선박에너지효율에 관한 유사한 크기의 선박을 비교함으로써 불과 2년 정도의 건조연도의 차이에도 불구하고, 어느 정도 에너지효율적으로 건조되었는지에 따라 연료소모량 차이 및 이로 인해 지불해야 하는 추가 비용을 산출하였다.

아래 사례에서 선박1, 선박2 그리고 선박3은 약 13,000TEU까지 선적 가능한 선박으로써, 선박의 물리적 크기(전장, 폭, 깊이, 흘수)는 유사하다. 차이가 있는 것은 설계속력에 따른 엔진출력 그리고 엔진 자체에 소요되는 Specific Fuel Oil Consumption 등이며 각 선박은 약간씩의 에너지효율개선을 위한 기술 등을 적용하였다.

Shipping Efficiency에서 사용하는 선박 평가기준에 따르면, D 등급을 받는

¹⁰⁵⁾ Clean Cargo Working Group Spring 회의 보고서

선박은 유사한 크기의 선박에 있어 평균정도의 에너지효율을 갖는 것으로 평가하고 있다. 선박2는 Shipping Efficiency에서 D 등급을 받았으므로, 평가 대상 선박 중 평균 정도의 에너지효율을 가진 선박으로 평가된다. 선박1은 가장 좋은 A 등급을 받았으며, 선박3은 E 등급을 받아 평균보다는 좋지 않은 선박으로 공개되고 있다. 이에 따르면, 정격출력에서 선박3은 선박1에 비해 110톤가량의 연료를 추가로 소비하게 된다. 이를 연으로 환산하면(기준: HFO \$250/톤, 연간 270일 운항), 약 8백만 달러의 추가 연료비용이 발생하게 된다.

그러나 실제 운항 속력구간(17Knots~20Knots)의 연간 연료비용은, 선박1 대비 선박3이 연간 180십만 달러에서 2백만 달러 정도의 추가비용을 부담하여야 되는 것으로 추산된다. 이를 용선료로 환산하면, 다른 조건을 제외하고 순수한 연료비 측면에서만 보았을 때 선박1은 선박3에 비해 약 \$5500가량의 프리미엄을 가질 수 있는 것으로 나타나며, 유가 상승 시 용선 시장에서 해당 선박의 경쟁력은 더욱 높아질 수 있는 것으로 판단된다.

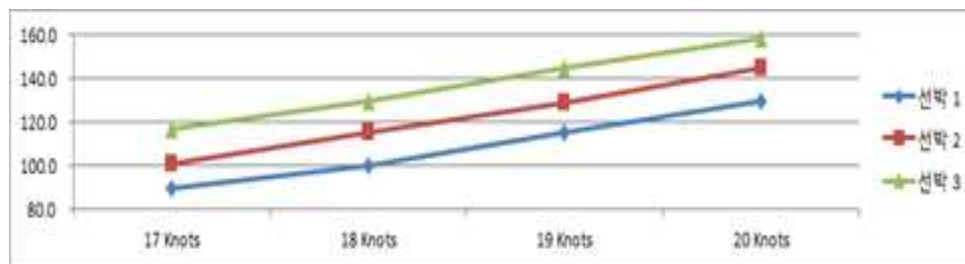
〈표 4-9〉 선박 건조사양에 따른 연료소모량 비교(예시)

구분	선박1	선박2	선박3
건조년도	2014	2012	2012
Nominal TEU	13,154	13,092	12,562
조선소	한국	한국	한국
전장/폭/깊이(m)	366 / 48 / 29.9	366 / 48.2 / 29.9	367 / 48 / 30
흘수 (설계/Scantling)	14.0 / 15.5	14.5 / 15.5	14.5 / 15.5
재화중량톤수 (설계/Scantling)	123,297 / 146,046	125,510 / 140,973	125,465 / 140,565
설계속력(Knots)	23.0	23.7	24.7
엔진	MANB&W10S90ME-C 9.2 (전자엔진)	Wartsila12RT-FLEX9 6C(전자엔진)	MANB&W12K98ME-C (전자식)
NCR(KW)	43,660	55,598	65,016

구분	선택1	선택2	선택3
SFOC (g/kWh) at NCR	163.5	165.1	180.2
DFOC (ton/day) at NCR	171.3	220.3	281.2
1일 연료 소모량 ¹⁰⁶⁾	178	236.4	295
에너지개선기술	Pre swirl stator, 연료 절감도료, 선형최적화	엔진 Derating	Turbocharger Cut Off
EEDI 적용유무	유	무	무
사선/용선	사선	사선	용선
Shipping Efficiency 등급	A	D	E
17 Knots	90.0	101.0 (12.2%)	117.0 (30.0%)
18 Knots	100.0	115.0 (15.0%)	130.0 (30.0%)
19 Knots	115.0	129.0 (12.2%)	145.0 (26.1%)
20 Knots	130.0	145.0 (11.5%)	159.0 (22.3%)

자료: 현대해양서비스 정리

〈그림 4-20〉 일일 연료소모량 (예시)



자료: 현대해양서비스 정리

¹⁰⁶⁾ Main Engine뿐만 아니라 발전기 및 보일러 사용에 따른 연료소모량으로 산정

〈표 4-10〉 연간 연료비용 산출(예시)

Speed	선박1	선박2		선박3	
17 Knots	6,075,000	6,817,500	(742,500)	7,897,500	(1,822,500)
18 Knots	6,750,000	7,762,500	(1,012,500)	8,775,000	(2,025,000)
19 Knots	7,762,500	8,707,500	(945,000)	9,787,500	(2,025,000)
20 Knots	8,775,000	9,787,500	(1,012,500)	10,732,500	(1,957,500)
NCR	12,015,000	15,957,000	(3,942,000)	19,912,500	(7,897,500)

자료: 현대해양서비스 정리

4) 종합 분석 결과

노르웨이선급(DNV-GL)에서 2011년에 발간하여 보급한 컨테이너선박의 연료절감가이드라인 (Fuel Saving Guideline for container ships)에 따르면 각각의 에너지절감을 위한 기술에 대한 절감효과를 분석한 자료를 제시하고 있다. 절감효과와 개선율에 대하여 실제 가능한 개선율 인지에 대한 논란은 있지만 친환경기술로 분류되어 선박에 적용될 필요성에 대하여는 의문의 여지가 없다. 또한 검증과정을 거쳐 해운선사별로 운항패턴을 고려한 가장 최적의 친환경기술을 선박에 적용하기 위한 정책이 필요하다. 이러한 점에서 해운산업의 친환경기술 도입 확대를 위한 기술혁신이 필요하다.

그러나 선박에너지효율관리계획서(SEEMP)에 적용할 만한 기술을 선택하는 것이 중요하면 산술적으로 모든 기술을 적용한다고 하여 모든 에너지절감 효과가 플러스로 작용하여 개선되는 것은 아니며 각 기술마다 동시 적용하는 것에 적합한 기술이 있으므로 선택에 따라 에너지절감 효과 달리 개선될 수 있음에 유의하여야 한다.

(1) Case Study 1 - 컨테이너 선박 에너지효율 평가 사례 분석

클린 화물작업반(WG)은 컨테이너선사, 화주 및 포워딩 업체로 구성된 비영리 작업반이며 해상운송에서 발생하는 사회적 및 환경적 측면 등을 분석하고

환경보호를 실천하기 위하여 2004년 설립되었다. 현재 24개 선사, 20개의 화주 및 Forwarder로 구성되어 있으며 매년 전 세계 컨테이너 물동량의 85%에 해당하는 3351척의 정보가 Clean Cargo Working Group으로 보고되고 있으며 현대상선, 한진해운 등이 참여 중이다.

신조선에 대한 에너지효율 지수 강제화에도 불구하고 운항선박에 대한 온실가스 배출감소에 대한 제도적인 감축노력이 없는 가운데 시장 참여자의 자발적인 요인에 의해 컨테이너운송업의 특성을 고려하여 항로별 평균 CO₂ 배출량을 산정하고 이를 이해관계자들에게 제공함으로써 선사의 지속적인 선박 에너지효율 개선 노력을 이끌고 있는 것에 주목할 필요가 있다.

컨테이너선박과 달리 벌크선, 유조선 등에서는 선박 상호 간의 실제 운항상 에너지효율을 비교할 수 있는 도구가 부족한 상태이므로 이러한 벤치마킹 방법의 확산을 통해 선박의 에너지효율개선 노력을 이끌 수 있을 것으로 기대한다.

(2) Case Study 2 - 해운기업 에너지효율(Shipping Efficiency) 등급

Shipping Efficiency 선박에너지효율 등급과 관련하여 Rightship(선박 Vetting기관)과 Carbon War Room(NGO)이 공동 운영하며 모든 선박에 대해 온라인상 에너지효율 등급을 표시하여 제공하고 있다.

가. 선박에너지효율 등급 평가 방법

IMO EEDI와 유사한 개념의 EVDI 지표를 Open Source(선급, IHS Fairplay)를 이용하여 산정하며 동형선 및 유사 크기의 선박 40개 이상을 대상으로 비교 평가하여 Rating 실시함

※ EEDI: Energy Efficiency Design Index. 신조선에너지효율설계지수

※ EVDI: Existing Vessel Design Index. Shipping Efficiency

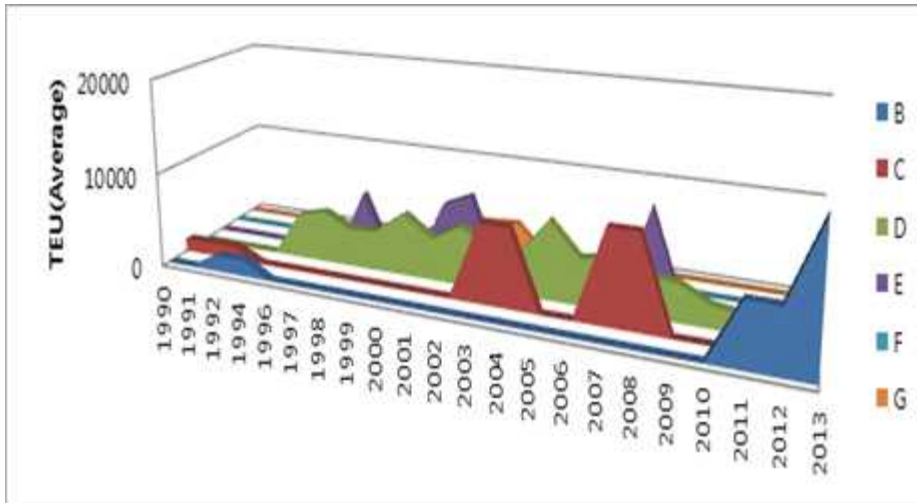
나. Case study 2의 문제점

EVDI 산정 자료의 정확성 검증 없이 모든 선박 적용됨

▶ IMO EEDI는 2013년 이후 신조선에서만 적용

EVDI를 바탕으로 동형선 대비 선박에너지효율 등급(A~G)을 공개함으로써 정확성의 문제에도 불구하고, 화주 등 해운고객 위주 호응 증가

〈그림 4-21〉 에너지효율 등급별 선박의 연도에 따른 변화 추이



자료: 현대해양서비스 정리

(3) Case Study 3 - 신조선 건조 SPECIFICATION에 따른 에너지효율 평가

컨테이너선박 13,000TEU급 선박의 연료소모량을 비교하였다. 선박의 건조단계에 있어 실제 선박 운항 프로파일을 감안한 설계 속력 및 선형 최적화는 건조연도 차이가 2년에 불과하지만 최대 30% 이상 차이가 날 수 있음을 확인하였다.

(4) Case Study 4 - Bulbous Bow 개조를 통한 에너지효율 개선

8,600TEU CNTR는 고속운항(27Kts)에 최적화되어 있으나 실제로는 저속(18Kts~20Kts)에서 운항되고 있다. 최적화에 영향이 가장 큰 Bulb 및 Propeller를 저속에 맞게 개조하여 연료절감 실현효과를 검증하였다.

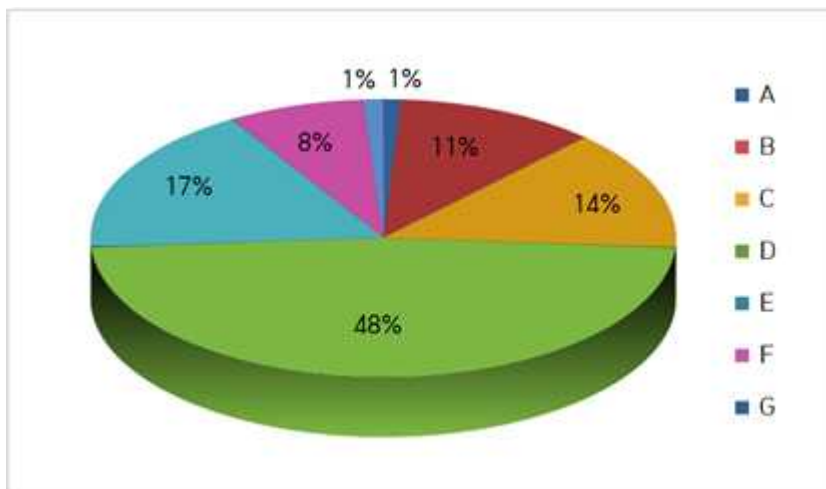
개조 후 12개월 운항자료 평가결과, 18Knots 기준 5.0% 에너지효율 개선되었으며 이는 사전 CFD 예측치와 유사한 결과를 나타내고 있다.

저속운항구간에 최적화 설계되어, 20Knots 이상 증속 시 에너지효율 개선효과와 반감되었다. 사선대상 효과 검증 후 이를 바탕으로 용선 8,600TEU 4척에 대한 선주를 설득하여 개조 완료하였다.

3. 우리나라 선박의 에너지효율등급 조사결과

현존선의 에너지효율등급 파악을 위해 해양수산부 등록 선박 890척의 에너지효율을 Shipping efficiency.org 시스템에서 확인하였다. 선종은 컨테이너선, 건화물선, 유조선, LPG 운반선, 냉동선, Ro-Ro선, 자동차운반선으로 구성하였으며, 해당 선박들에 대한 에너지효율등급 비율은 <그림 4-22>와 같다.

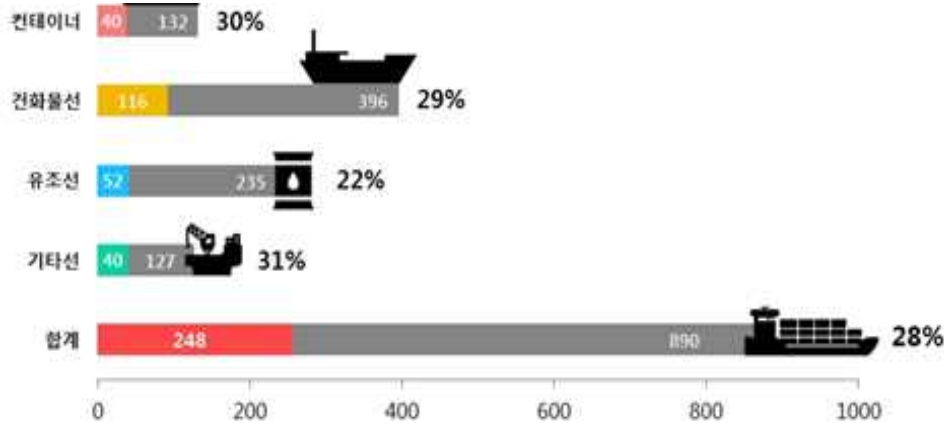
<그림 4-22> 선박의 에너지효율 등급비율



자료 : 해양수산부, Shipping efficiency.org

에너지효율등급 분류 가운데 하위(E, F, G) 등급은 약 26% 정도였으며, 컨테이너선은 한진해운 선박을 제외하고 사선 132척을 검토하였을 때 40척, 30%가 교체가 필요한 선박으로 검토되었다. 아울러 건화물선은 396척 중 116척(29%), 유조선은 235척 중 52척(22%), LPG 운반선, 냉동선, 자동차 운반선도 127척 중 40척(31%)의 선박이 교체가 필요하였다.

〈그림 4-23〉 에너지효율 하위 등급 선박의 선종별 현황



자료: 한국해양수산개발원(KMI) 동향 보고서, '우리나라 선박의 28%는 고효율 친환경 선박으로 교체 필요'

4. 개선방안

현재까지 식별된 기술 가운데 신조선 및 운항선박에 동시에 적용 가능한 기술이 있는 반면 일부 기술은 신조선에만 적용 가능한 기술 등이 있다. 신조선과 운항선박으로 구분하여 법제도의 개선방안이 별도로 마련될 필요가 있다. 2013년 1월 1일부터 협약의 발효에 따라 신조선에 대해 에너지효율설계지수(EEDI)가 적용되고 있지만, 모든 선박이 신조선으로 대체할 수 없다는 현실을 고려할 때 이러한 지수 적용이 현존선박에 대한 온실가스감축 문제를 근본적으로 해결하지 못하기 때문에 전체 해운산업에 대한 온실가스 배출 절감에 있어 한계가 있다는 지적처럼 기존 운항 중인 선박에 대한 에너지효율을 개선해야 한다는 지향점과는 달리 운항선박에 적용할 수 있는 기술이 제한적인 것은 경제적인 이유든 또는 법제도적인 이유든 개선될 필요가 있다.

또한, 기존의 선박이 주로 화석연료를 사용하는 선박의 에너지효율을 개선하기 위한 기술 위주로 개발되었다고 볼 수 있는데 그간 LNG 연료, 수소연료 등의 관심은 꾸준히 표출되고 있으나 이러한 대체 친환경연료에 대한 전환이

빠르게 진행되지 못하고 있는 것에 대한 관심 또한 모아져야 한다.

가령, 노르웨이 연안 운항 선박이 빠르게 LNG 연료로 전환한 배경과 항공 분야의 몇 개 항공사가 바이오연료를 이용하여 비행에 성공한 바 있으나 기술 개발이 대체연료에 대한 대안을 제시하지 못하였다고 볼 수 있다. 이러한 대체 연료유로 전환되지 못했던 사례 등을 비교해본다면 정부의 정책 지원 및 경제적인 혜택에 따라 기술의 전환이 얼마나 빠르게 일어날 수 있는지 인식할 수 있다. 그러므로 해운산업은 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 섹터별 감축의무에 대한 규정을 충실히 수행하기 위해 1997년 채택된 교토의정서¹⁰⁷⁾ 제2조 2항¹⁰⁸⁾에 따라 IMO를 통해 온실가스 감축 노력을 지속적으로 해왔고 선도적으로 온실가스 감축을 위한 노력과 결실을 맺고 있다고 평가할 수 있다.

많은 이해관계자의 기대와 달리 파리협정에서는 해운에 대한 명시적인 감축 의무가 명시되지 않아 다소 빛을 바래기는 하였으나 국제항공이 국제민간항공기구를 통한 온실가스 감축목표 설정 및 이행 노력을 지속하는 것에 대해 많은 이해관계자의 지지를 얻고 있는 것과 동일한 수준의 국제적인 기대감은 여전히 국제해운에 대해서도 존재하므로 국제해사기구를 통한 국제적인 온실가스 감축 노력이 이행될 수 있다는 믿음이 필요하다.

또한 명확한 온실가스 감축목표 설정이 필요하다. 이는 앞서 살펴본 바와 같이 에너지효율 개선기술은 몇몇 친환경기술을 제외하곤 1자리 숫자의 개선 정도만이 가능한 상태이다. 그러나 ‘IMO GHG STUDY 2014’에서 주장하고 있는 바와 같이 별도의 조치가 없는 한 2012년 대비 2030년 이후 2배 이상의 온실가

¹⁰⁷⁾ 유엔기후변화협약을 이행하기 위해 만들어진 국가 간 이행 협약으로, 교토기후협약이라고도 한다. 1997년 12월 일본 교토에서 개최된 유엔기후변화협약 제3차 당사국 총회에서 채택되었으며, 미국과 오스트레일리아가 비준하지 않은 상태로 2005년 2월 16일 공식 발효되었다. 교토의정서에서 온실가스 감축목표가 구체적으로 정해짐에 따라 온실가스를 효율적으로 감축하기 위해 배출권거래제도와 공동이행제도, 청정개발제도를 도입했는데, 이를 교토메커니즘이라 한다. 제재되는 6가지의 온실가스는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 과불화탄소, 수소불화탄소 육불화황인데, 이 가운데 배출량이 가장 많은 것이 이산화탄소이므로 일반적으로 배출권이라 하면 탄소배출권을 말한다.

¹⁰⁸⁾ 부속서 1의 당사자는 국제민간항공기구와 국제해사기구 각각의 도움을 받아, 항공 및 해운 병커 연료로부터 발생하는 온실가스(몬트리올 의정서에 의하여 규제되고 있는 것을 제외함)의 배출량을 제한하거나 또는 감축하기 위하여 노력한다.

스 배출량 증가가 예상된다면 상당한 양의 온실가스 배출가스 감소가 필요하다고 볼 수 있으며 이는 현재의 기술로는 감축목표 달성이 쉽지 않다고 전망된다. 따라서 명확한 목표가 설정되어야만 기술개발에 대한 정부와 해운기업의 R&D 투자 확대를 통한 기술개발의 가속화가 필요하다. 추가적으로 연료유의 전환, 선박별 운항 속력 제한, 에너지효율 기준 설정 등의 부차적인 노력이 필요하다고 하겠다.

1) 온실가스 감축목표 설정

해운산업은 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 섹터별 감축의무에 대한 규정을 충실히 수행하기 위해 1997년 채택된 교토의정서¹⁰⁹⁾ 제2조 2항¹¹⁰⁾에 따라 IMO를 통해 온실가스 감축 노력을 지속적으로 해왔고 선도적으로¹¹¹⁾ 온실가스 감축을 위한 노력과 결실을 맺고 있다고 평가할 수 있다.

많은 이해관계자의 기대와 달리 2015년 제21차 당사국총회에서 채택된 파리협정에서는 해운에 대한 명시적인 감축 의무가 명시되지 않아 다소 빛을 바래기는 하였으나, 국제항공이 국제민간항공기구를 통한 온실가스 감축목표 설정 및 이행 노력을 지속하는 것에 대해 많은 이해관계자의 지지를 얻고 있는 것과 동일한 수준의 국제적인 기대감은 여전히 국제해운에 대해서도 존재하므로 국제해사기구를 통한 국제적인 온실가스 감축 노력이 이행될 수 있다는 믿음

¹⁰⁹⁾ 유엔기후변화협약을 이행하기 위해 만들어진 국가 간 이행 협약으로, 교토기후협약이라고도 한다. 1997년 12월 일본 교토에서 개최된 유엔기후변화협약 제3차 당사국 총회에서 채택되었으며, 미국과 오스트레일리아가 비준하지 않은 상태로 2005년 2월 16일 공식 발효되었다. 교토의정서에서 온실가스 감축목표가 구체적으로 정해짐에 따라 온실가스를 효율적으로 감축하기 위해 배출권거래제도와 공동이행제도, 청정개발제도를 도입했는데, 이를 교토 메커니즘이라 한다. 제재되는 6가지의 온실가스는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 과불화탄소, 수소불화탄소 육불화황인데, 이 가운데 배출량이 가장 많은 것이 이산화탄소이므로 일반적으로 배출권이라 하면 탄소배출권을 말한다.

¹¹⁰⁾ 부속서 1의 당사자는 국제민간항공기구와 국제해사기구 각각의 도움을 받아, 항공 및 해운 병커 연료로부터 발생하는 온실가스(몬트리올의정서에 의하여 규제되고 있는 것을 제외함)의 배출량을 제한하거나 또는 감축하기 위하여 노력한다.

¹¹¹⁾ 2011년 IMO MEPC 62차 회의에서 채택된 Energy Efficiency Design, Ship Energy Efficiency Operational Indicator는 국제해사기구가 해운 전반에 통일된 온실가스 감축도구를 설정하였다는데 의의가 있다.

필요하다.

그러므로 국제해운에 대한 명확한 온실가스 감축목표 설정이 필요하다¹¹²⁾¹¹³⁾. 앞서 살펴본 바와 같이 에너지효율 개선기술은 일부 친환경기술을 제외하고는 1자리 숫자의 개선 정도만이 가능한 상태이다. 그러나 ‘IMO GHG STUDY 2014’에서 주장하고 있는 바와 같이 별도의 조치가 없는 한 2012년 대비 2030년 이후 2배 이상의 온실가스 배출량 증가가 예상된다면 상당한 양의 온실가스 배출가스 감소가 필요하다고 할 수 있으므로 현재의 기술로는 감축목표 달성이 쉽지 않다고 전망된다.

따라서 명확한 온실가스 감축목표 설정을 통해 정부와 해운기업의 기술개발의 가속화가 필요하다. 그 외 연료유의 전환, 선박별 운항 속도 제한, 에너지효율 기준 설정 등의 부차적인 노력이 필요하다고 하겠다.

2) UNFCCC와 IMO 온실가스 정책의 불일치 해소 필요

UN기후변화협약의 교토의정서에 따르면 6대 온실가스¹¹⁴⁾를 식별하고 있다. 그러나 MARPOL 부속서 VI장에 수용된 온실가스는 이산화탄소(CO₂) 1종에 불과한 실정으로 이로 인한 문제점은 다음과 같다.

먼저, 화석연료를 사용하게 되면 발생하게 되는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O) 산정상의 문제점이 발생하게 된다. 편의상 아래의 3종의 전형적인 연료원을 각각 1000톤씩 연소한다는 가정 하에 MARPOL 부속서 VI장에서 규정하는 CO₂ 배출량만을 고려한다면, LNG가 가장 적은 온실가스

¹¹²⁾ 국제해사기구 해양환경보호위원회 제69차 회의에서 파리기후변화협정 결과의 연장선에서 국제해운에 대한 온실가스 감축목표 설정을 선진국에서 주장하였으나, 개도국의 반대로 도입에 실패하였다. 그러나 온실가스 자료수집시스템이 이행에 있어 본 궤도에 오른다면 온실가스 감축목표 설정은 필연적으로 받아들여져야만 할 것이다.

¹¹³⁾ 국제해사기구 해양환경보호위원회 제69차 회의에서 국제해운연맹(International Chamber of Shipping)은 국제해운의 CO₂ 감축에 관한 국제해사기구의 자발적 기여 제안의 일환으로 국가가 작성하는 Intended National Determined Contribution과 유사한 개념의 Intended IMO Determined Contribution을 제안하였으나, 온실가스 데이터 수집·분석·의사결정의 3단계 접근법에 따라 향후에 논의하기로 하였다.

¹¹⁴⁾ 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)

를 배출하는 것으로 나타난다.

그러나 UN기후변화협약의 교토의정서에 규정된 6대 온실가스 가운데 화석 연료 연소로 인해 발생하게 되는 3가지 배출원을 모두 지구온난화지수를 고려하여 산정하면, 오히려 LNG가 메탄슬립 등의 이유로 실질적으로 HFO보다 많은 온실가스를 배출하게 된다는 점이다.

〈표 4-11〉 연료원별 온실가스 배출량 산정(1000톤씩 연소 시 발생량, 단위: Ton)

구분	CO ₂	CH ₄		N ₂ O		CO _{2e}
		CH ₄	CO _{2e}	N ₂ O	CO _{2e}	
HFO	3,114	0.06	1.26	0.16	49.6	3,164.86
MDO	3,206	0.06	1.26	0.15	46.5	3,253.76
LNG	2,750	51.2	1,075.2	0.11	34.1	3,859.30

자료: 현대해양서비스 정리

이러한 사실관계에도 불구하고, 국제해사기구에서는 LNG에 대한 등가온실가스 산정에 대한 내용은 빼고, 개별 환경오염원 차원(CO₂, SO_x, NO_x 각각)에서만 LNG가 HFO 대비 우수하다는 내용이 진리처럼 소개되고 있는데, 이러한 불일치를 조기에 합의할 필요가 있다.

만약 황산화물 배출에 관한 강력한 규제가 도입되어, 선주가 LNG 연료추진선박을 도입한 경우, 국제해사기구차원의 온실가스 관리고도화 정책에 따라 교토의정서 6대 온실가스를 모두 관리하게 된다면 오히려 LNG 연료선박을 도입한 선주는 오히려 불이익을 받게 되는 상황이 발생할 수 있다.

이러한 문제인식에도 불구하고, LNG 연료가 친환경적이라는 그릇된 믿음은 당분간 지속될 가능성이 높아 보인다. 많은 조선소, 기자재 업체에서는 LNG 연료추진선박에 대한 많은 기술개발을 진행하여 왔고, 각 선급 또한 LNG 연료 추진선박에 대한 홍보를 넘어 사업화하고 있는 실정이다. 일부 항만은 LNG 연료추진선박에 대한 항세를 감면하고 있고, LNG 벙커링에 대한 주요 기항 항만의 투자계획 및 완료시점이 언제인지 기대를 모으고 있는 실정이다.

그러므로 연료유에 대한 과학적 사실관계에 대한 내용이 보다 신속히 공유되고 알려질 필요가 있으며, 국제해사기구 차원의 관리대상 온실가스를 조기에 확정할 수 있도록 국제해사기구에 대한 활동을 보다 강화할 필요가 있다.

1차원적인 계산에 의한 연료원별 온실가스 계산은 물론이고 과학적 실험에 근거한 온실가스 배출량에 대한 자료를 포함한 내용으로 의제문서 제출을 통한 국제해사기구의 온실가스 관리 대상을 조기에 확정하여야 한다. 이를 통해 선주들의 친환경기술에 대한 오판을 줄일 수 있을 것이다.

3) 현존선에 대한 친환경기술 지원정책 개선

현재까지 식별된 기술 가운데 신조선 및 운항선에 동시에 적용 가능한 기술이 있는 반면, 일부 기술은 신조선에만 적용가능한 기술 등으로 나뉘고 있다.

2013년부터 신조선에 대해 EEDI(Energy Efficiency Design Index)가 적용되며, 아래와 같이 협약의 이행을 위하여 단계별 온실가스 배출감축률에 따른 적용됨에도 불구하고 당분간은 에너지효율설계지수(EEDI)를 적용받지 않는 선박이 다수일 것으로 전망된다. 그러므로 운항 중인 모든 선박을 단시간에 신조선으로 대체할 수 없다는 현실을 고려할 때 이러한 지표 적용이 전체 해운에 대한 온실가스 배출 저감에 한계가 있다는 지적이다.

기존 운항 중인 선박에 대한 에너지효율을 개선해야 한다는 지향점과는 달리 운항선에 적용할 수 있는 기술이 제한적인 것은 경제적 이유든 또는 법제도적인 이유든 개선될 필요가 있다. 즉, EEDI를 적용받지 않는 에너지효율이 낮은 선박이 여전히 많이 운항될 것임을 고려하여 운항선에 대해 에너지효율을 개선토록 장려할 수 있는 정책적인 지원이 필요하다.

가령, 선체 최적화 같은 기술은 운항선에 적용하기 어려울 수 있으나, 구상 선수 개조와 같은 기술은 현존선에 보편적으로 적용 가능하다. 그럼에도 현재 경제여건을 고려하여 다소 높은 비용이 소요될 수 있다면 정책적인 지원 등을 통해 운항선에 적용되도록 하여 어려운 우리나라 조선소, 기자재업체와 상생하는데 크게 도움이 될 것이다.

그러나 이러한 내용의 제안은 과거 수년간 세미나, 회의 등 다양한 채널을

통하여 담당 부처에 전달되었을 것으로 추정되나, 이행되는 사례를 찾기 힘든 것은 이러한 지원을 위한 근거 법령 미비로 인한 업무 추진상의 애로점에 있을 수 있을 것이다. 그러므로 친환경선박 지원에 관한 근거법령을 다른 산업의 사례(예: 자동차)를 참고하여 조기에 법률을 시행하여야 한다.

가령, 노르웨이 연안 운항 선박이 NOx Fund를 기반으로 빠르게 LNG 연료로 전환한 배경과 항공 분야의 몇 개 항공사가 Bio 연료를 이용, 비행에 성공했으나 기술이 주류 연료원으로 전환되지 못했던 사례 등을 비교해본다면, 정책지원 및 경제적인 혜택에 따라 기술의 전환이 얼마나 빠르게 일어날 수 있는지 인식할 수 있다.

특히, 친환경기술의 경우 정책내용에 따라 보급 확대 등의 내용에 있어 크게 차이가 나므로 일시적인 정책이 아닌 일관성 있는 정책지원이 필요하다. 세계에서 가장 많은 전기자동차를 생산하고 있는 중국에서는 보조금 지급 방식에 따라 보급실적 및 관련기업의 사업성에 문제가 더러 발생하고¹¹⁵⁾, 한국에서 갑작스러운 국내 발전수요 증가에 대비해 건립된 민간 LNG 발전소 및 열병합 발전소는 예비전력 증가에 따라 높은 발전비용으로 인해 가동을 멈추는 사례가 증가하고 있다¹¹⁶⁾.

친환경자동차를 구입할 때 보조금을 지급하는 것과 달리, 선박이 환경규제에 대응하여 장비 등을 추가함에 있어 발생하는 비용은 온전히 선주의 몫으로 남아 있다. 타 분야의 지원정책을 충분히 참고한다면 선박에 대한 지원책 또한 정당성을 확보할 수 있을 것이다.

¹¹⁵⁾ 조선일보, 2016.1.27., [http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/01/27/2016012701025.html]

¹¹⁶⁾ 국민일보, 2016.7.28., [<http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0923594770>]

제3절 EU 등 주요국의 친환경기술 정책

1. EU의 친환경기술 정책

EU의 많은 국가들은 일찍이 환경 문제에 관심을 가지고 환경과 관련하여 여러 가지 기술, 규제 및 법안과 관련된 정책을 개발하고 앞서나가고 있다. 이와 관련하여 EU 각국의 정부와 기업들은 갈수록 심각해지는 기후변화 문제를 해결하기 위하여 저탄소 녹색성장에 참여하고 많은 관심을 가지고 있다. 환경을 보호하고 오염을 막기 위하여 보다 엄격한 기준을 가지고 있는 EU의 경우 정부뿐만 아니라 기업들 또한 환경 에너지 관련 기술을 개발하고 세계 환경 정책 변화에 따른 국제화 기반을 마련하기 위하여 많은 노력을 하고 있다.

제3절에서는 EU의 주요국들의 친환경기술 도입실태 및 사례를 통하여 친환경기술 정책을 살펴보고자 한다.

2. EU의 국가별 친환경기술 정책

1) 노르웨이 정부

노르웨이 정부는 최근 해양에 대한 주요 목표 중의 하나로, 선박의 대체 연료와 친환경 기술을 해양 산업에 적용하기 위한 녹색 성장 정책에 기여하고 있다. 이와 더불어 녹색 노르웨이 해운 업계 개발을 위한 잠재성을 크게 보고 정부는 기후 정책에서 친환경 선박을 우선순위로 꼽았다. 친환경 선박 운영을 위한 새로운 기술 도입과 친환경 연료와 에너지 사용이 미래 대기 오염을 줄일 수 있다고 기대하고 있다.

노르웨이는 현재 가스로 작동하는 선박과 배터리로 움직이는 선박을 사용하기 위한 개발에 투자하고 앞장서서 이끌고 있다. 개발의 이점으로 노르웨이 해양산업의 녹색 정책이 환경과 기후에 긍정적인 영향을 끼치며 세계적으로 경쟁적인 우위를 제공할 수 있을 것이라 전망한다.

선박은 최근에 대기과 해양 배출 제한과 관련하여 국제적 수준으로 엄격한 대상

으로 여기고 제도를 강화하고 있다. 연료 소비와 관련된 비용과 오염을 줄이기 위하여, 산업계와 함께 배출 제한에 대한 규정사항은 에너지효율성을 높이기 위한 방안과 연계하고 있다.

노르웨이 정부는 전 세계적으로 시장 상황의 변화와 환경 규제의 강화는 환경 부분의 투자를 향상시킬 수 있다고 보고 있다. 또한 에너지효율성과 친환경 선박이 미래 경쟁에서 더 나은 결과를 가져 올 수 있을 것이라 기대하고, 국제적으로 선박에 환경적 투자율이 상당히 높아질 수 있다고 본다.¹¹⁷⁾

또한 선박의 환경문제를 해결하기 위해 친환경 연료를 사용하는 것은 온실가스 배출량을 상당히 줄일 수 있을 것이라 생각한다. 주된 온실가스의 주범이 선박의 CO₂라고 보기 때문이다.

노르웨이의 배출 통계에 따르면, 선박과 수산업계가 전체 온실가스 배출의 6%, Nox 배출의 20%를 차지한다고 밝혔다. 이와 관련하여, 친환경 연료 중의 몇 가지인 LNG 가스, 바이오 연료, 하이브리드 및 내륙에 있는 전기 등은 오늘날 주로 사용되는 디젤유의 대안으로 사용하고 있다.¹¹⁸⁾

〈표 4-12〉 디젤 연료 대안의 정성 평가

	LNG	바이오 연료	전기	내륙 파워
온실가스 감소	보통	높음	매우높음	낮음
Nox 감소	높음	부정적	매우높음	낮음
Sox 감소	매우높음	매우 높음	매우높음	낮음
투자금	보통	낮음	높음 - 감소기대	보통
연료비	낮음	높음 - 감소기대	낮음	낮음
접근성 (인프라구축)	좋음	낮음	보통	보통

자료: Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries, Maritime Opportunities-Blue Growth for a Green Future, p.23, 08.2015 (Based on DNV GL)

위의 표를 보면, DNV GL¹¹⁹⁾에 의한 분석은 친환경 연료의 사용 증가는 대

¹¹⁷⁾ Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries, Maritime Opportunities-Blue Growth for a Green Future, 2015. 08. p.22.

¹¹⁸⁾ Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries, Maritime Opportunities-Blue Growth for a Green Future, p.23, 08. 2015

기에 가스 배출을 줄일 뿐만 아니라, 비즈니스 사업으로 발전할 수 있다는 것을 보여주고 있다.

노르웨이는 2010년 환경 기술 제도를 도입하여, 각종 환경오염 물질들을 줄이기 위해 노력하고 환경 기술의 연구 프로젝트를 상용화하기 위하여 투자 보조금을 제공하고 있다. 또한 노르웨이 해사청과 정부는 기업들이 변화하는 기후와 친환경에 관하여 선박에 새로운 해결책을 구축하고자 할 때 효율적인 프로세스를 제공하기 위해 협업하고 있다.

2) 독일 정부

독일은 최근 몇 년 동안 미래 에너지 개발과 교통으로부터 발생하는 온실가스 배출과 관련된 문제에 집중을 하고 있다. 이와 연계하여 독일 정부의 에너지 정책은 2005년도 데이터를 기준으로 2020년까지 10% 에너지 소비 감축, 2050년까지 40% 에너지 소비 감축을 목표로 하고 있다.¹¹⁹⁾

해상 교통 부분은 세계무역의 증가와 점진적인 세계화로 인하여 갈수록 증가할 것이라 예상하고 있다. 2011년 독일 항구에서 취급하는 해상화물은 29,600만 톤으로, 약 82%가 독일의 주요 항만인 함부르크, 브레멘/브레머하펜, 빌헬름스하펜, 로스토크, 뤼베크¹²¹⁾에서 점유하고 있다.

독일은 해상운송화물이 에너지효율의 높은 부분을 차지한다고 보고 있다. 해상운송에 사용되는 중유는 대부분 이산화탄소, 이산화질소, 이산화황 등의 중금속 물질을 배출한다. 매일 컨테이너선은 해양디젤로 140톤을 소비하며 연료가격의 경우 해운회사의 상당한 비용 인자로 영향을 끼친다. 독일은 친환경적이며 해상 운송 효율을 증가시키기 위해 대체 에너지 개발이나 선박의 속도를 늦추는 기술적인 면을 개발하기 위해 노력하고 있다.

또한 교통수단 중 선박으로부터 나오는 온실가스 배출에 관하여 IMO와 EU

¹¹⁹⁾ DNV-GL은 2013년 9월에 독일의 Germanischer Lloyd SE와 노르웨이의 Det Norske Veritas(DNV)이 합병된 선급기관

¹²⁰⁾ IFOK GmbH, The Mobility and Fuels Strategy of the German Government(MFS), Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, 2013.06. p.6

¹²¹⁾ Hamburg, Bremen / Bremerhaven, Wilhelmshaven, Rostock, Lübeck.

가 제한함에 따라 여러 가지 방안과 대책을 강구하고 있다.¹²²⁾

그 중의 한가지로, 대체 에너지 연료인 지속가능한 바이오연료(Biofuels)¹²³⁾와 액화 천연 가스(LNG)가 온실가스 배출을 감소할 수 있다고 기대한다. 이미 독일의 각 부처에서 수행된 작업에 이어, 에너지 시스템과 사용 가능한 예산 기금의 개편을 고려하고 있고, 독일 정부는 교통 및 에너지/기후에 관한 분석 및 시뮬레이션을 진행하고 있다.

3) IMO와 EU

국제해사기구(IMO; International Maritime Organization)는 국제 해상 운송을 규제하기 위한 책임을 가지고 있으며, 오염 물질 배출량을 감소하고 에너지효율을 개선하기 위하여 조치를 취하고 관계된 협약과 법을 검토 및 승인하고 있다. 그 중의 하나로, 2013년 1월 이후, 건조 계약되는 국제항해에 종사하는 총 톤수 400톤 이상 신조선에 해당되는 선박의 연비효율을 나타내는 지수로 선박 제조연비지수(에너지효율설계지수, EEDI; Energy Efficiency Design Index)를 도입하였다. 신조되는 선박의 예상 이산화탄소 배출량(화물 1톤을 싣고 1해리를 항해하는데 발생하는 이산화탄소 배출량: g/ton.nm)에 해당되는 선박의 배출허용기준을 초과하는 경우에는 해당 선박의 인도 및 취항을 금지시키는 것이다.¹²⁴⁾ 또한 해상 안전 및 환경을 위하여, IMO는 운영 및 사고로부터 발생하는 선박의 해양 환경 오염을 방지하기 위하여 MARPOL 협약을 채택하였다. 2005년에 발효되고 2008년에 개정된 MARPOL 협약은 선박에서 배출되는 황산화물질(SOx)과 산화질소물질(NOx)에 관하여 규제하고 있으며, 배출 규제지역(ECA; Emission Control Areas)을 지정하여 저유황 연료를 사용하도록 하고 있으며 2015년 규제를 발효하였다.

¹²²⁾ IFOK GmbH, The Mobility and Fuels Strategy of the German Government(MFS), Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, 2013.06. p.51

¹²³⁾ 한편에서는 간접적인 토지이용(ILUC; indirect land use change)인, 바이오 연료 생산용 식물을 재배하기 위해 기존의 토지 용도를 바꿀 경우 간접적으로 나타날 수 있는 영향을 우려하고 있다. 유럽위원회(EC; European Commission)는 2012년 10월에 바이오연료사용을 통해 ILUC를 방지하기 위해 신재생 에너지 및 연료 품질 지침을 변경하는 제안서를 제출함

¹²⁴⁾ 오정현, 선박의 에너지효율설계지수 적용에 대한 연구, 목포해양대학교 대학원, 2014.01, p.7

〈표 4-13〉 배출규제지역

배출 규제지역 (ECA)	효 령
Baltic Sea (SOx)	2006.5.19
North Sea (SOx)	2007.11.22
North America, US, Canada (SOx, Nox)	2012.8.1
US Caribbean ECA, Puerto Rico, US Virgin Islands (SOx, NOx)	2014.1.1

자료: Jan Schuber, Hertie School of Governance, The German Shipping sector and the implementation of Liquefied Natural Gas as fuel for ships, 2014. p.11 (IMO, 2014a)

현재, 4개 지역의 ECAs는 유럽과 북미지역에 위치하고 있다. 발트해와 북해의 경우는 SOx 배출에만 초점을 맞추고 있기에 유황 배출통제지역(SECA; Sulphur Emission Control Area)이라고 부르고 있다.

EU는 IMO와 함께 선박에서 나오는 온실가스 유발 물질들을 줄이기 위해 노력하고 규제 또한 강화하고 있다. 이 밖에도, 선박 재활용 산업을 통하여 사용하지 못하는 선박에서 나오는 강철 등 여러 금속들을 재활용하여 폐기물 최소화를 통하여 환경 파괴를 줄이고 경제를 순환시키기 위한 방안을 검토하고 있다.

전 세계적으로 선박 해체국가에서 선박을 해체하는 경우, 관련시설과 안전관리 인식의 부족으로 인하여 유해물질에 의하여 인명사고가 발생하고 환경오염도 발생시켰다. 선박을 해체 시, 환경오염을 줄이고 작업자를 보호하기 위하여 유해물질을 보다 체계적으로 처리하기 위하여 해양환경보호위원회(MEPC 42차)에서 선박 해체 시 문제점을 제기하고 MEPC 53차에서 협약¹²⁵⁾을 제정하고 최종 완성하였다.

EU 선박 재활용 규정 2013(EU Ship Recycling Regulation, EC 1257/2013)의 경우 선박 해체 작업 시 오염을 억제하는데 기여할 뿐만 아니라 유해 폐기물에 대한 적절한 처리 시설을 사용할 수 있게 의도하고 있다. EU 회원국의 국기를 달고 있는 선박의 소유자는 선박이 새로 승인된 목록을 포함하고 있는 시설에서 재활용이 되는지 확인해야 한다.¹²⁶⁾

¹²⁵⁾ A.962(23) IMO Guidelines on Ship Recycling

IMO와 EU는 현재의 표준을 기준으로 앞으로 진보적인 방향으로 나아갈 수 있도록 보완하고 개발할 예정이다.

〈그림 4-24〉 북미와 유럽의 ECA 지역



자료: Jan Schuber, Hertie School of Governance, The German Shipping sector and the implementation of Liquefied Natural Gas as fuel for ships, 2014. p.11 (Rolls-Royce, 2011)

¹²⁶⁾ European Commission, Science for Environment Policy, Thematic Issue: Ship recycling: reducing human and environmental impacts, 2016.06, p.4

제4절 EU 등 주요 해운기업의 친환경기술 확보전략

1. EU의 친환경기술 확보전략

유럽의 경우에는 조선소, 기자재 업체 및 선주사들이 친환경 선박 기술을 개발하는 공동연구 프로젝트를 진행한다. 에너지 절감 및 친환경 기술의 효과와 신뢰성을 실제로 입증하는 산업 공동 협력 프로젝트 LeansShips(Low Energy And Near To Zero Emission Ships)를 시행함으로써 네덜란드 Damen 조선그룹이 주도하여 유럽 13개국의 46개 선주사, 조선사, 기자재 업체 및 연구기관들이 공동 협력하여 연구하며, 연구 범위는 유럽 해역을 항해하는 중소형 선박 및 여객선/크루즈선 관련 에너지효율·친환경 기술 개발과 예인선 및 해양작업지원선을 위한 압축천연가스, 액화천연가스, 선박용 디젤유 등의 신형 연료 기술 개발, 고효율 LNG 운반선 개발, 근해 화물선 LNG 추진 Retrofit, 일반화물선 대형 프로젝트 적용 등을 포함한다.

해당 프로젝트는 유럽연합이 2014년부터 2020년까지 7년간 진행하는 800억 유로 규모의 유럽 연구·혁신 프로젝트로 유럽위원회로부터 1,700만 유로의 연구 개발 자금이 이루어진다. 유럽은 해운관련 산업체들의 공동 개발을 통해 친환경 기술 적용 확대 및 상생을 국제적 차원에서 도모하고 있다.

2. 주요 해운기업의 친환경기술

1) DNV-GL

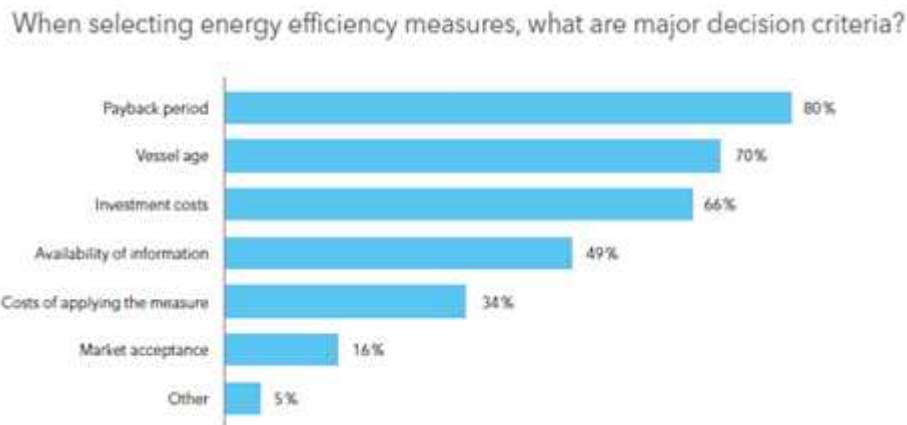
DNV-GL은 2013년 9월에 독일의 Germanischer Lloyd SE와 노르웨이의 Det Norske Veritas(DNV)이 합병하여 그해 12월부터 운영되었다. DNV-GL은 세계 최대의 선급기관 중의 하나로, 선급업무 이외에 조선과 해양 관련 안전성 검사 및 오일가스 및 에너지 산업에서 컨설팅과 인증 서비스 등을 제공하고 있다. 친환경 선박 운영을 위해서는 DNV Academy를 통하여 기술 및 운영관리자, 항해사, 컨테이너 사업 종사자 등에게 컨테이너선의 친환경 디자인과 감속 운항과 관련하여

세미나 및 교육을 통하여 중요성을 널리 알리고 있다.

또한, DNV-GL은 전 세계의 선박 관리자, 선주 및 운영자를 포함한 선박 회사의 데이터를 기초로, 배출통제지역(ECA; Emission Control Areas)과 연료 가격 및 에너지 관리의 측면을 고려하여 연구를 하고 있다. 환경과 관련된 규제가 강화됨에 따라, 해양 산업이 직면하고 있는 주된 문제 중 하나로 비용과 선박 운영에 영향을 끼치는 에너지효율성을 들 수 있다.

전 세계적으로 해운 회사에 대한 규제 압력이 갈수록 증가함에 따라, 제1장 서론에서 설명한 바와 같이, 선박 에너지효율관리계획서(SEEMP; Ship Energy Efficiency Management Plan) 및 에너지효율설계지수(EEDI; Energy Efficiency Design Index)는 2013년도에 발효되었고 더 많은 해역들이 배출통제 지역(ECA)으로 선언되고 있는 실정이다. 더군다나, 북미 및 발트해 지역에서는 2015년 1월 이후 황 배출에 관하여 ECA의 요구사항이 1.0%에서 0.1%로 하향 조정되었다. 2018년 1월에 적용되는 EU의 이산화탄소 배출량 검증과 보고 및 모니터링에 대한 규제는 연료 연소의 비용을 증가시킬 것이라고 보고 있다. DNV-GL은 효율적인 에너지 관리와 친환경 선박을 위하여 연료 가격과 ECA 지역의 주요 측면 등을 연계하여 연구하고 있다.

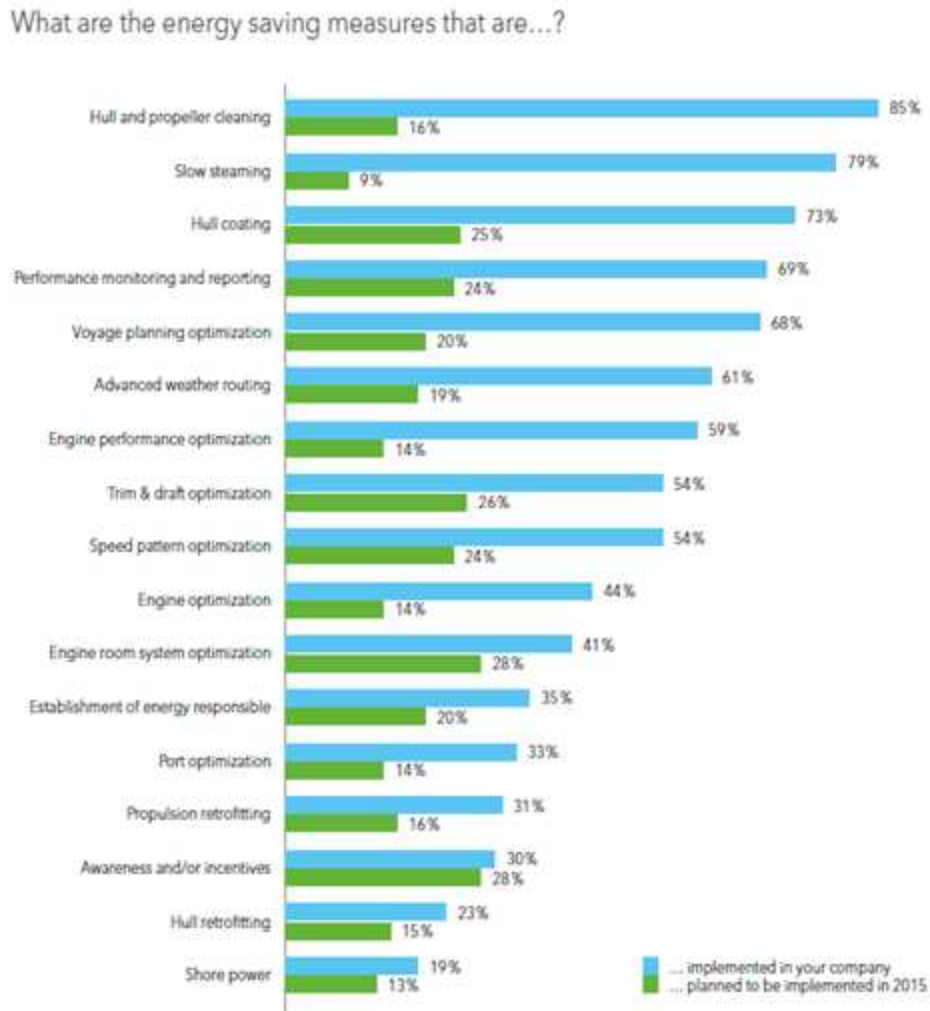
〈그림 4-25〉 절약 대책 선택을 위한 기준



자료: DNV-GL, Maritime Energy Management Study 2015, 2015.08, p.18

DNV GL 조사에 따르면, 선박 회사들은 에너지효율 절약 대책을 선택하는 방법으로, 대부분은 기술적인 부분을 염두에 두고 효율성을 높이기 위해 노력하고 있다. 위의 그림을 보면 자금 회수 기간(투자 회수 기간)이 80%로 가장 높았고, 그 다음으로 선령, 투자비가 많은 비율을 차지함에 따라 에너지효율 절약 대책을 선택하는데 주로 재정적인 사항을 많이 고려한다는 것을 알 수 있다.

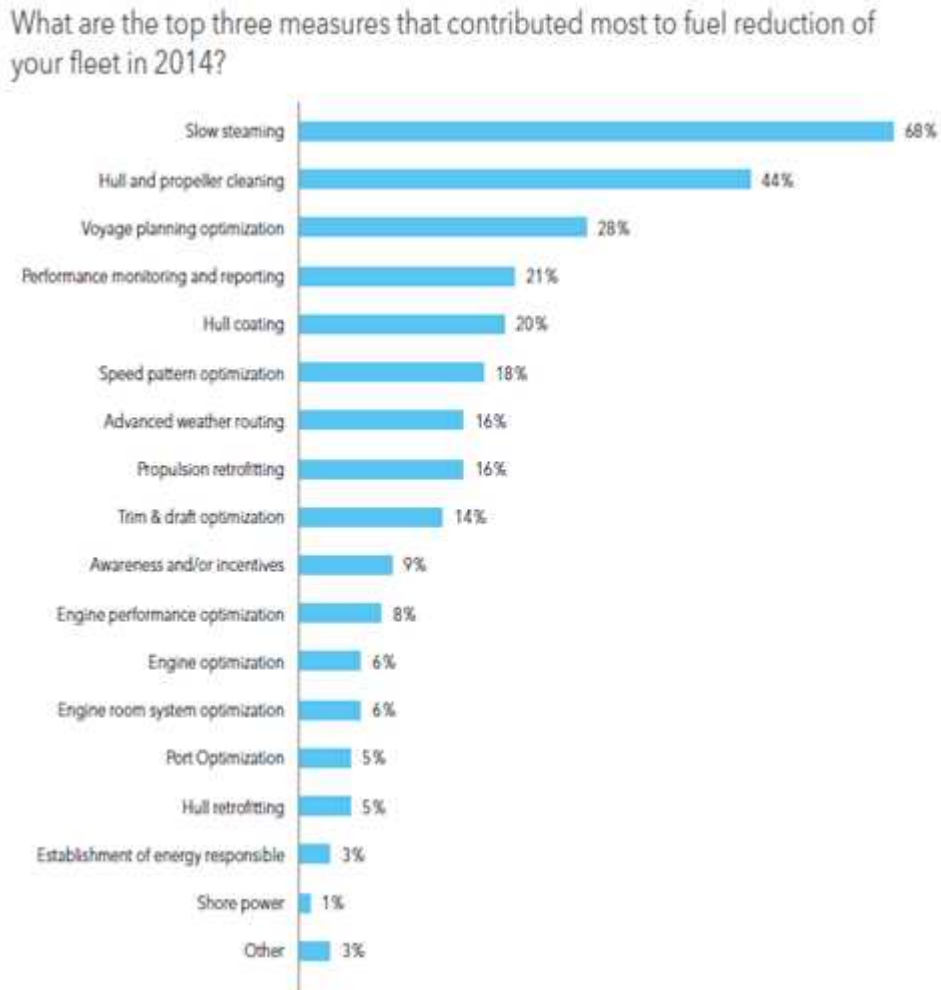
〈그림 4-26〉 분석된 에너지효율 절약 대책 순위



자료: DNV-GL, Maritime Energy Management Study 2015, 2015.08, p.19

또한 2015년 실행 또는 계획되고 있는 에너지효율 대책과 관련하여 질문을 하였을 때 주된 에너지 절약 대책 대부분이 운영과 기술적인 부분이 50% 이상을 차지한다는 것을 알 수 있다.

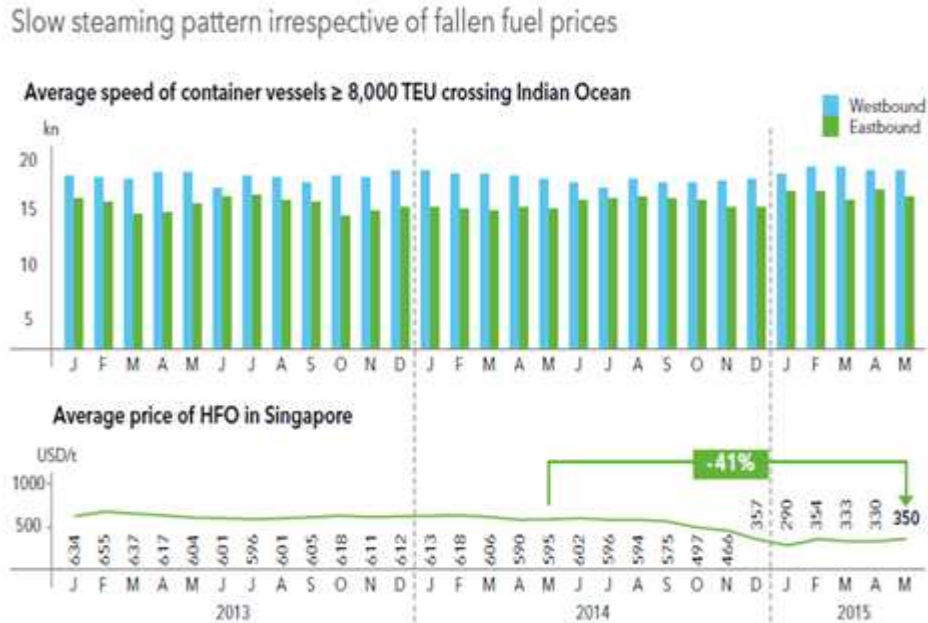
〈그림 4-27〉 에너지 절약의 우선적으로 고려되는 3가지 항목



자료: DNV-GL, Maritime Energy Management Study 2015, 2015.08, p.20

2014년 에너지 절감에 큰 기여를 한 항목에 대하여는 감속 운항 68%, 선체와 프로펠러의 청소 44%, 항해 계획 최적화 28% 등을 순서로 들고 있다.

〈그림 4-28〉 선박 속도와 bunker 가격

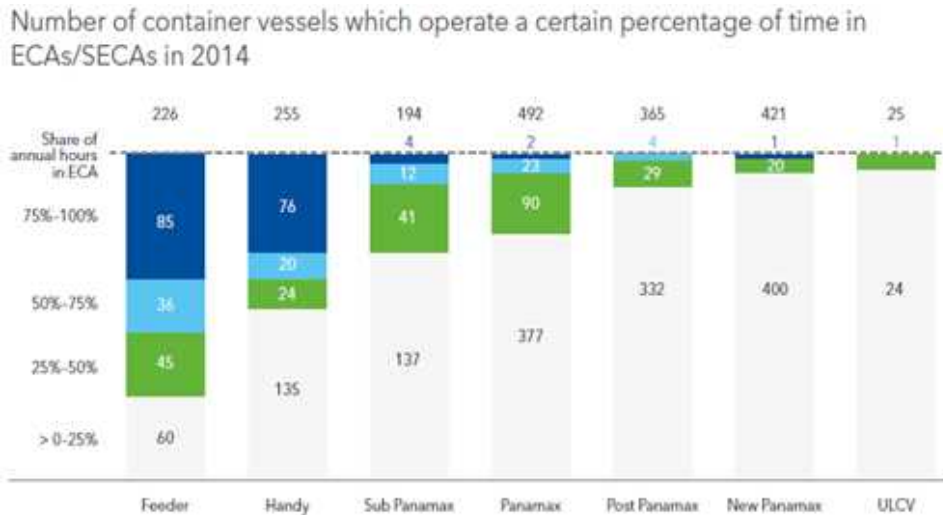


자료: DNV-GL, Maritime Energy Management Study 2015, 2015.08, p.21

위의 그림은 인도양을 가로지르는 8,000TEU 이상의 컨테이너 선박을 예들 들어 평균 속도를 나타내고 있다. 연료 가격에 대비하여 선박의 속도를 나타내고 있는데, 서쪽으로 향하는 선박의 속도는 약 18.2노트로 안정적으로 운항하고 있는 것을 볼 수 있다.

우선 운영, 관리, 기술 에너지를 줄이고 효율성을 높이기 위하여 선박 회사들은 다음과 같은 사항에 대하여 노력하고 있다.

〈그림 4-29〉 선박의 ECAs/SECAs 시간 분배



2014년도 5,000척의 벌크선, 2,000척의 컨테이너선, 1,600척의 탱커선이 북미, 발트해, 북부의 ECA와 SECA 지역을 항행하였다. 이 선박들은 2015년 1월 1일부터 황 배출 한도가 1.0%에서 0.1%로 영향을 받는다.

DNV-GL은 많은 연구를 통하여 세계 선박 회사들이 효율적인 에너지 관리와 대기오염 물질 배출을 줄여 친환경 선박 정책을 확대하기 위하여 노력하는 모습을 보여주고 있다.

2) MAERSK LINE

머스크라인 또한 IMO와 덴마크 정부의 친환경 정책에 따라, 해운산업 전반에 이산화탄소 배출을 감축시키고 에너지효율을 높이기 위해 노력하고 책임감을 가지고 있다. 해운 업계에서 세계 최대 규모 선박들을 보유하는 만큼, 새로운 기술 및 정책과 최적화된 네트워크를 통하여 해결책을 제시하기 위해 기여하고 있다. 또한 환경을 보호하기 위해 엄격히 집행되는 정부 정책에 적극적으로 참여하고 있다.

2004년 IMO는 새로 건조하는 선박에 기존에 존재하던 선박 모두에 선박평형수처리장치를 설치하도록 하는 선박평형수관리협약(BWMC; Ballast Water Management Convention)을 채택했다. 이후 비준국이 30개국이 넘고 비준국 선박이 전 세계 선박보유량의 35% 초과라는 조건을 동시에 충족하는 시점의 1년 뒤부터 발효하도록 하였다. 2016년 9월 8일 핀란드가 가입함으로써 30개국을 넘어섰고 전 세계 선박보유량 중 가입국 선박량이 35.144%¹²⁷⁾를 기록하였고, 발효 요건이 충족되어 2017년 9월 8일 협약이 발효될 예정이다.¹²⁸⁾

〈표 4-14〉 IMO 선박평형수관리 협약

제정 목적	무분별한 밸러스트수와 침전물의 배출에 의해 해양오염과 생태계 파괴 현상을 방지코자 밸러스트수의 배출 요건 제정
적용 대상	적용 대상: 모든 선박 (잠수선, 부유선, 부양식 플랫폼 포함) 검사 대상: 총톤수 400톤 이상의 모든 선박
발효 요건	상선 선박량의 합계가 총톤수로 세계상선 선박량의 35% 이상 및 30개국 이상의 국가가 비준하는 날로부터 12개월 후 발효
협약 채택일	2004년 2월 13일

자료: 박한선, 선박평형수관리협약 번역본, 2007년 12월.

머스크 그룹은 2012년부터 협약과 관련된 모든 선박에 선박평형수처리 시스템을 갖추고 있었다. 또한 기후변화에 대하여 우선순위를 두고 지속적으로 해결책을 찾기 위해 노력하고 있다.

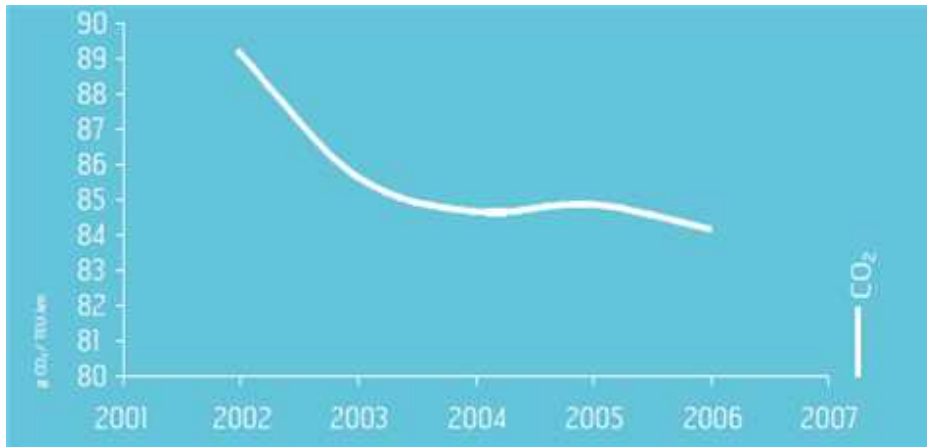
CO₂의 배출량이 머스크라인 병커선의 연료비로 직접적으로 연관이 있기에, 환경을

¹²⁷⁾ <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/22-BWM-.aspx>, 검색: 2016.10.13.

¹²⁸⁾ 핀란드가 2016년 9월 8일에 세계에서 52번째로 ‘선박평형수관리협약’ 비준서를 기탁함.

보호하기 위하여 머스크라인은 2020년까지 한 컨테이너 당 발생하는 CO₂의 양을 60% 미만으로 줄이는 것을 목표(2007년도 대비)로 하고 있다. 머스크의 트리플 E(Triple-E) 선박¹²⁹⁾은 2015년도에 CO₂ 양을 약 5% 감축하기도 하였다.

〈그림 4-30〉 머스크 컨테이너 선박의 이산화탄소 평균 대기배출량



자료: Maersk Line, Constant Care for the Environment, p.15.

<http://www4.safmarine.com/globalfile/?path=/pdf/environmental_brochure>

3) Hapag-Lloyd

Hapag-Lloyd는 IMO의 에너지효율설계지수(EEDI; Energy Efficiency Design Index)¹³⁰⁾에 따른 인증된 선박을 가진 세계 최초의 해운회사이다. 독립된 에너지효율설계지수 인증은 독일선급(Germanischer Lloyd)에 의해 진행되었고, 하팍로이드에 있는 많은 선박들이 각각 등급에서 전 세계 활동하고 있는 선박의 평균 수치보다 20~27% 더 낮은 EEDI 수치를 가지고 있다. 이는 하팍로이드의 선박이 전 세계 선박의 평균보다 훨씬 적은 CO₂를 방출하는 것을 의미한다.

¹²⁹⁾ 규모의 경제(Economy of Scale), 친환경(Environmentally improved), 에너지효율(Energy efficient) 요건을 갖춘 선박을 말함. 머스크에서 보유하고 있는 세계 최대의 컨테이너선으로 선박의 길이는 400미터, 폭은 59미터, 2500여 개 컨테이너를 실을 수 있음.

하팍로이드는 최신 해양 기술의 이행과 개발에 투자함에 따라, 자사 최신 선박의 CO₂ 배출량을 많이 낮추기 위해 끊임없이 노력하고 있다. 2010년 "Vienna Express"는 EEDI 인증을 받은 세계 최초의 선박이다. 이 8,750TEU 선박은 최신 기술과 전자제어시스템을 갖추고 있으며, 다른 컨테이너선들과 비교하여 CO₂의 배출량이 25% 적게 배출하고 있다.¹³¹⁾

또한 최근 하팍로이드와 DB Schenker는 기후를 보호하기 위해 함께 노력하고 있다. 두 회사는 CO₂ 배출 감소를 목표로 하는 6개년 전략적 파트너십 계약을 체결하였으며, 연료와 에너지 소비를 줄이기 위해, 하팍로이드는 해상과 육지에 모두 응용 가능한 기술 프로그램 및 다양한 방안을 마련하기 위해 노력하고 있다.

요약하자면, 지금까지 EU 주요국과 해운기업의 친환경기술 정책·전략 및 적용사례에 관하여 살펴보면 아래와 같이 정리할 수 있다.

〈표 4-15〉 EU 주요국 및 해운기업의 친환경기술 정책과 전략

주요국/ 해운기업	친환경기술 정책 및 전략
노르웨이	- 친환경 연료사용: 가스 및 배터리로 움직이는 선박 사용 개발 - 산업계와 배출제한에 대한 규정 및 에너지효율성을 높이기 위한 방안 강구
독일	- 에너지 개발 및 선박의 속도를 늦추는 기 위한 방안 - 대체 에너지 사용: 바이오연료 및 액화 천연가스 사용
IMO/EU	- 선박제조연비지수 도입 - MARPOL 협약: SOx, NOx 규제 - 배출 규제지역 지정 - 선박 재활용 산업을 통한 폐기물 최소화
DNV-GL	- 친환경 선박 운영을 위한 세미나 및 교육 - 배출통제지역 및 연료 가격과 에너지 측면 연구
MAERSK LINE	- 선박평형수처리장치 설치 - 컨테이너 당 발생하는 CO₂ 양을 60% 미만으로 줄이는 목표설정
Hapag-Lloyd	- 에너지효율설계지수 선박 건조 - 해양기술의 이행과 개발 투자

¹³¹⁾ Hapag-Lloyd, Up to 27% reduction in CO₂ emissions: Hapag-Lloyd a trailblazer for the new EEDI(Press Release), 2012.2.

제5절 문제점 및 개선방안

1. 문제점 분석

1) 신조선 투자 부진

한국은 2015년 기준 상위 10개 해운국 중 가장 높은 선령의 선박을 보유하고 있는 국가이다. 2000년대 초반 선박펀드('03), 톤세제도('05) 도입 등과 함께 해운 호황기에 신조선에 집중 투자하였으나, 2010년 이후 투자부진 등으로 인해 신조선 투자는 부실하였다¹³²⁾.

‘기술은 시간이 갈수록 발전 한다’라는 가정 하에서 보면 신조선을 확보할수록 보다 좋은 기술이 탑재된 선박을 확보할 수 있을 것이나, 한국의 경우 해운 호황기에 속도 경쟁하던 시절 설계된 선박을 많이 보유함에 따라 상대적으로 에너지 비효율적인 선박을 보유하고 있는 것으로 판단된다.

〈표 4-16〉 세계 10대 해운국의 선박보유 추이

	적수 추이			선박비중	선박투자 추이				평균선령 추이		
	1995	2005	2015		'95-'05	'05-'15	'95-'15		1995	2005	2015
그리스	2,896	2,943	4,439	19.0%	3.0%	7.4%	5.2%		19.4	17.4	11.3
일본	2,755	3,009	4,187	14.3%	4.2%	6.4%	5.3%		9.6	9.0	8.3
중국	1,729	2,568	4,770	11.9%	6.5%	12.2%	9.3%		17.7	20.2	11.2
독일	1,395	2,731	3,456	7.1%	15.2%	5.6%	10.3%		11.1	8.9	10.3
한국	665	918	1,635	4.8%	3.7%	10.8%	7.2%		12.6	16.0	13.8
노르웨이	1,161	1,287	1,607	3.7%	-1.0%	3.9%	1.4%		15.2	16.9	14.2
미국	911	1,077	1,124	3.3%	-0.2%	2.0%	0.9%		17.8	20.1	15.2
싱가포르	557	661	1,368	3.3%	5.9%	9.6%	7.8%		16.8	16.6	11.3
대만	421	537	887	2.8%	5.5%	7.0%	6.2%		13.4	13.3	11.7
이태리	563	644	1,085	2.7%	2.6%	12.7%	7.5%		17.0	15.6	12.3
합계	13,053	16,375	24,558	72.9%	4.0%	7.5%	5.7%		15.1	15.1	12.0
세계	27,465	31,942	41,822								
(백만DWT)	693	936	1,707	100.0%	3.1%	6.2%	4.6%		16.2	17.4	14.0

자료: 한국해양수산개발원, 해운시장분석센터

¹³²⁾ 김우호, 한국해양대학교 해양금융물류대학원 특강, 2016.5.31.

이로 인해 해운호황기에 고속으로 건조된 선박을 보유하고 있는 선사의 경우 영업이익률이 타사 대비 낮게 나타나거나 수익을 내지 못할 가능성이 높다.

유사한 크기의 선박이지만, 인도 시기에 따라 발생하는 연료소모량차이를 8,800TEU 선박을 통해 비교하였다. 2008년 인도 선박 대비 2014년 인도 선박의 특징은 낮은 Specific Fuel Oil Consumption, Long Stroke의 저속, 저출력 엔진이 장착되어 있으며, 저속 운전에 맞춰 방형비척계수가 커졌으며, High Tensile Steel 사용을 통한 선체 경량화, 선형 최적화 및 Rudder Fin, Duct 등의 에너지절감설비가 부착되어 있다.

〈표 4-17〉 8,800TEU 선박 사양

구 분	2008년 인도 선박	2014년 인도 선박
Length / Breadth / Depth	339.6 / 45.6 / 24.6	300 / 48.2 / 48.4
Draft (Design / Scantling)	13.0 / 14.5	12.5 / 14.5
Deadweight(Design/Scantling)	80,519 / 98,787	88,300 / 111,800
Max. Speed (kts) at NCR, 15% S.M.	27	22
NCR (KW x rpm)	72,027 kW x 98.5 rpm	33,183 kW x 77.2 rpm
SFOC (g/kWh) at NCR	166.7 g/kWh	158.8 g/kWh
DFOC (ton/day) at NCR	303	133
EEDI-Required/Attained (개선율)	15.53/17.91 (+15%)	15.16/8.58 (-43%)

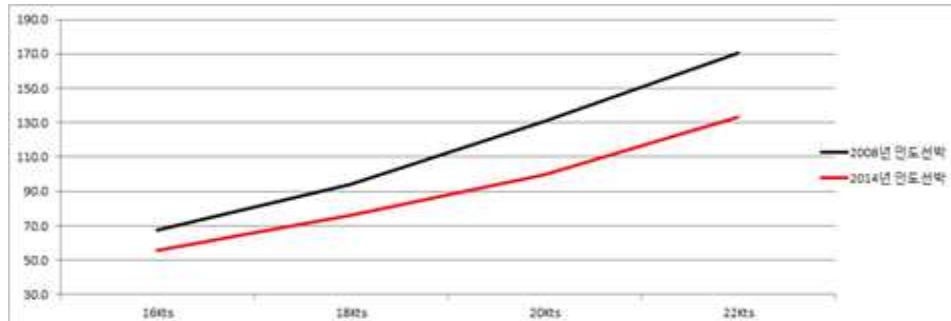
자료: 현대해양서비스 정리

〈표 4-18〉 8,800TEU 선박 속도별 주기관 연료소모량 비교

구 분	2008년 인도 선박	2014년 인도 선박
16 Kts	67.4	55.5
18 Kts	93.9	76.0
20 Kts	130.7	99.6
22 Kts	170.8	133.0

자료: 현대해양서비스 정리

〈그림 4-31〉 8,800TEU 선박 속도별 주기관 연료소모량



자료: 현대해양서비스 정리

비교한 결과 연료소모량이 전 속도구간에서 20% 이상 차이가 나고 있다. 물론 현재 유가 하락 및 저속운행으로 인해 전체 연료비용 측면에서 차이가 줄어들었을 가능성이 높으나, 유가가 상승하지 않더라도 0.5% m/m 이하 저유황유 사용강제화 시 또다시 최근 건조되는 선박과의 연료비용 측면에서 괴리가 발생할 수 있다.

다만 이에 대한 대응방안으로 무리하게 신조선을 건조하자는 주장은 현실적으로 부적절한 것으로 보인다. 다만, 유럽을 중심으로 활발하게 추진되고 있는 현존선의 개조방식으로 어느 정도의 개선이 가능할 것으로 파악된다.

2008년 인도 선박에 현재 수준에서 적용 가능한 기술을 적용한다면 아래와 같은 수준의 에너지효율이 개선 가능할 것으로 보인다. 연료절감형 도료도포, Turbocharger cut off, Bulbous Bow 개조는 이미 보편화된 기술이기 때문이다.

이와 같은 경우, 실제 선박이 운항하는 18Knots~20Knots 사이의 경우 Green ship으로 명칭한 2014년 인도 선박과 8%~14% 이내로 에너지효율 간극이 줄어들 것으로 전망된다.

〈표 4-19〉 1차 에너지효율 개선 결과

속력	설계	Paint	T/C Cut	Bulbous Bow 개조	2014년 인도 선박	차이
16Kts	67.4	66.7	63.5	58.7	55.5	5%
18Kts	93.9	92.5	88.2	82.9	76.0	8%
20Kts	130.7	128.1	120.9	115.7	99.6	14%
22Kts	170.8	166.5	162.4	157.8	133.0	16%

자료: 현대해양서비스 정리

그러나 이에서 보다 더 적극적으로 고가의 기술을 활용한다면, 에너지효율 간극은 더욱 줄어들 수 있을 것으로 판단된다. 이에는 Propeller 교환, Fast nozzle, Rudder fin 등의 기술을 적용하는 경우로 한정하였는데, 비용은 100만 달러 이내로 소요되며, 이 경우 18Knots에서 에너지효율 차이가 3% 이내로 줄어들 수 있을 것으로 전망하였다¹³³⁾.

〈표 4-20〉 2차 에너지효율 개선 결과

속력	설계	1차 에너지 효율 개선	2차 에너지 효율개선	2014년 인도선박	차이
16Kts	67.4	58.7	55.7	55.5	0%
18Kts	93.9	82.9	78.8	76.0	3%
20Kts	130.7	115.7	109.9	99.6	9%
22Kts	170.8	157.8	149.9	133.0	11%

자료: 현대해양서비스 정리

2) 신기술 검증부족

친환경기술에 대한 부처별 많은 지원에도 불구하고 이러한 기술들의 확산이 더딘 데에는 기술에 대한 제3자 검증체계의 부족이 원인으로 꼽을 수 있다. 그린쉽 기술을 검증하기 위하여 국내 선급이 최근 시험인증센터를 개조하기도 하였으나, 여전히 기술에 대한 검증실적이 부족하여 기술개발자의 설명에 의존해야 하는 것이 친환경기술에 대한 현실이다.

이에 대한 가장 극명한 사례가 평형수처리장치에 대한 예이다. 평형수처리장치는 활성물질을 사용하는 장치는 국제해사기구의 승인을 득하고 기국의 형식승인을 득하는 방식으로 인증시스템이 구축되어 있다. 그러나 많은 선주들의 선의로 협약 발효에 앞서 기국의 형식 승인된 평형수처리장치를 설치하였으나 많은 고장과 생물 사멸능력에 대한 불만으로 인해 국제해사기구가 가지고 있던 형식승인 지침서에 회의적인 입장을 가지게 되고, 오히려 미국의 형식승인 프로토콜이 이에 대한 옥석을

¹³³⁾ 2차 에너지효율개선은 실제 적용 사례는 아니며 추정에 근거한 것이므로 계산 결과의 정확도에 대해서는 추가 검증이 필요함

가려주리라는 기대와 함께 미국 형식승인 프로토콜을 대거 반영한 국제해사기구의 형식승인 지침서 개정에도 이르게 되었다.

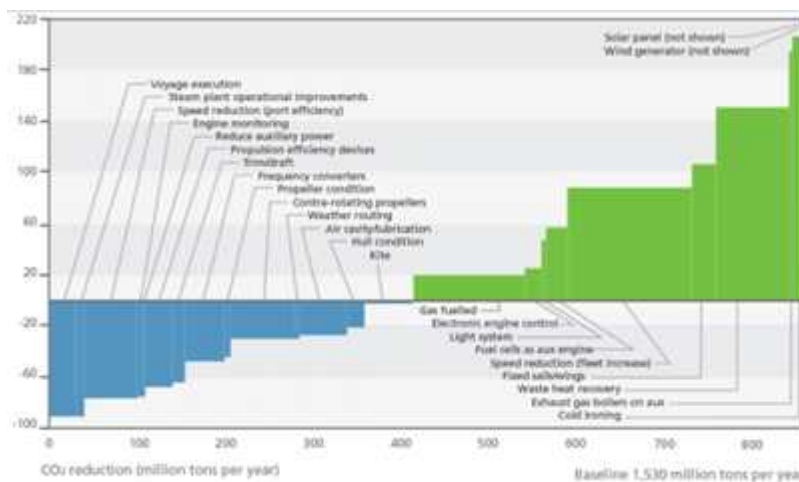
그나마 협약내용으로 정해져 있는 지침서에 대한 신뢰가 그만큼 떨어져 있음을 고려하면, 협약내용으로 정해져 있지 않고 자체 개발된 기술된 기술에 대한 검증 신뢰성은 더욱 확보하기 어려운 실정이다.

2. 개선방안

한국해운선사가 어려운 여건으로 인해 신조선에 투자하지 못함으로써 발생하는 기술적 제약을 해결할 방안의 대해 면밀한 검토가 필요하다. 신조선을 건조할 수 있는 건조자금을 지원하는 것이 가장 이상적이겠으나, 현실적으로 보편타당하게 적용될 수 있는 대안이 될 수 없으므로 이미 건조되어 운항 중인 선박이라도 꾸준히 에너지효율을 개선시킬 수 있는 방안을 고려할 필요가 있다.

그러므로 일단 운항 중인 선박에 대해서는 지속적인 에너지효율개선이 될 수 있도록 컨설팅 기능 등 정책적 지원이 필요하다. 이를 통해 선사의 에너지효율 개선 및 수익률 개선 등의 기대효과를 생각해볼 수 있다.

〈그림 4-32〉 온실가스 절감 옵션에 따른 비용 분석



자료: DNV 2010, Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030

그러나 그림에서 보는 것과 같이 다양한 옵션에 따른 경제성 및 실행 가능여부를 제시하였으나 유류 가격 등의 변동에 따라 검토 시기별 차이가 있으므로 우선적으로 실행 가능한 옵션 등을 보다 정밀한 검증체계를 통해 선주에게 선택 가능한 옵션을 제시하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

제5장 우리나라의 친환경기술 적용 확대방안

제1절 친환경선박 정책 강화 필요성

1. 국제협약의 이행강화

1) 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 이행

전 세계 197개 당사국이 합의한 파리협정은 2020년 교토의정서 종료 후 2021년부터 신(新)기후체제의 출범을 의미한다. 선진국에서만 온실가스 감축 의무를 부과 하던 기존의 교토의정서 체제를 넘어 모든 국가가 자국의 상황을 반영하여 참여하는 보편적인 체제가 마련된 것이다. 파리협정은 지구온도 상승폭을 산업화 이전 대비 2℃보다 훨씬 낮은 수준으로의 유지와 기후변화 취약국들의 주장에 의해 온도 상승을 1.5℃로 제한하기 위해 노력한다는 전 지구적 장기목표 하에 모든 국가가 2020년부터 기후행동에 참여한다.¹³⁴⁾

감축목표는 각국이 스스로 정하되 5년마다 상향된 목표 제출이 이루어져야 하며, 선진국은 절대량 감축목표 방식을 통해 온실가스 감축에 앞장서며 개도국은 각국의 여건을 고려해 점진적 노력 증진을 권장한다.

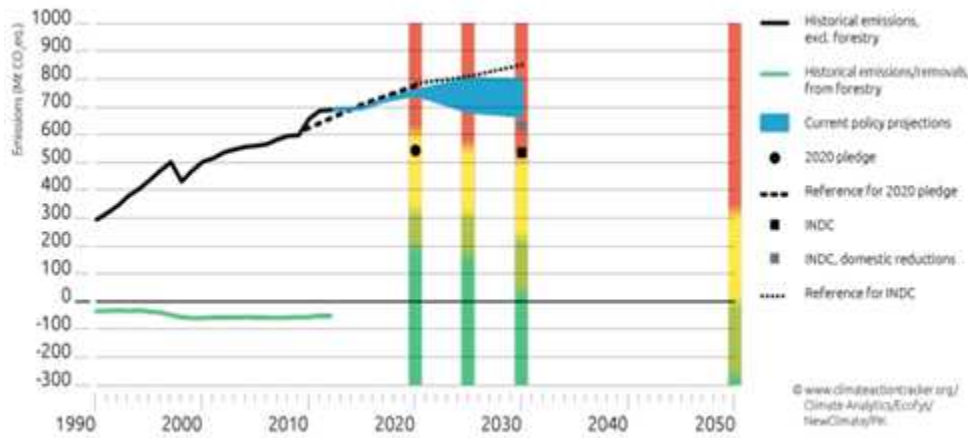
모든 국가는 2020년까지 장기 저탄소 개발 전략을 수립하여 제출하여야 한다. 아울러 2023년부터는 5년 단위로 국제사회 공동 차원의 이행점검이 실시되며, 국가 온실가스 인벤토리, 감축목표 달성 경과 등에 대한 보고의 의무가 있다.¹³⁵⁾ 이에 한국정부는 2030년까지 온실가스를 2030년 배출전망치 대비 37%를 감축하겠다고 발표하였다. 각국의 온실가스 감축 목표치를 과학적으로 분석

¹³⁴⁾ http://mofa.go.kr/trade/greengrowth/climatechange/index.jsp?menu=m_30_150_20, 검색: 2016.9.30.

¹³⁵⁾ 원동규, “파리협정 주요내용과 전력부문이슈”, 「KEMRI 전력경제 REVIEW Special Report」, 2016년 제2호, 2016.01.

한 CAT(Climate Action Tracker)에 따르면, 한국의 2030년 온실가스 배출전망치는 850.6Mt CO₂ (8억 5천만 톤)으로 37%를 감축하면 536 MtCO₂이 된다.

〈그림 5-1〉 한국의 2030년 온실가스 배출전망치



자료: Climate action tracker, South Korea updated 2nd July 2015.

파리협정은 전 세계 온실가스 배출의 55% 이상을 차지하는 55개 국가 이상이 비준하면, 비준이 완료된 30일 이후부터 발효가 가능하다. 미국과 중국을 포함하여 전 세계 주요국들이 파리협정의 조기 비준을 추진한 결과 당초 2020년에 발효될 것이라는 예상과 달리, 파리협정은 2016년 11월 4일에 발효되었다.¹³⁶⁾

파리협정이 조기에 발효됨에 따라 우리나라도 국내적 차원에서 향후 본격화될 신(新)기후체제에 대한 대응체제 구축을 위한 노력할 강화할 필요가 있다. 특히, 2018년에는 파리협정 하 전 지구적 이행점검(Global Stock take)의 예비적 성격인 ‘촉진적 대화(Facilitative Dialogue)’가 예정되어 있으므로, 주요 배출 개도국으로 분류되는 우리나라는 국내 차원의 기후행동과 이에 대한 착실한 국내적 준비를 통해 철저히 대비할 필요가 있다.¹³⁷⁾

¹³⁶⁾ <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.735.2016-Eng.pdf>, 검색: 2016.10.30.

¹³⁷⁾ 최원기, 「파리협정(Paris Agreement) 후속협상: 최근 동향과 전망」, 국립외교원 외교안보연구소, 2016.06.

2) IMO의 환경규제 이행 강화조치

국제해사기구에서는 2004년 2월 외교회의를 통해 선박평형수와 침전물 관리 국제협약이 채택되었으며, 2009년부터 현존선과 신조선에 처리기준을 적용하였다. 처리기준에는 교환기준과 성능기준이 있으며 교환기준의 경우 선박의 항해안전과 시간부족으로 현존선에만 한시적으로 적용되고 있다. 동 협약은 2017년 9월 8일에 발효를 앞두고 있으며 적용대상은 2009년 이후에 건조하는 모든 신조선에 선박평형수 성능기준을 만족하는 처리시스템을 장착해야 한다.¹³⁸⁾

〈그림 5-2〉 IMO 규정에 의한 선박평형수 내 유기체 제한



자료: 선박에너지효율등급 도입에 따른 친환경·고효율 조선 요소부품 경쟁력 제고 전략, 부품소재혁신연구회, 2012.2.

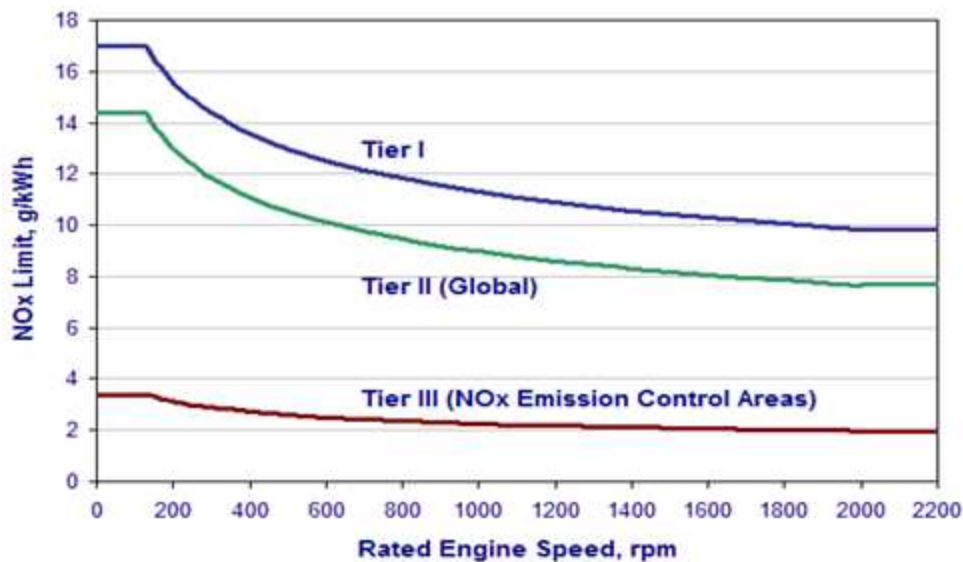
또한, 국제해사기구의 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 VI에 의해 선박 배기가스에 포함된 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx)의 배출 제한을 강화한 기준 IMO Tier III가 2010년에 발효되어 2016년부터 신조선에 적용되었다. 선박 배기가스 배출 규제와 관련하여 2016년부터는 Tier I의 80% 이상까지

¹³⁸⁾ 박한선, 선박평형수관리협약 번역본, 2007년, <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/22-BWM-.aspx>, 검색: 2016.10.30.

저감을 요구하고 있다.

이와 같이 국제해사기구에서는 선박의 해양오염 및 대기오염과 관련하여 국제 규제에 대한 논의 및 채택 중이며 환경규제에 관한 많은 논의가 진행되고 있다. 제2장에서 친환경선박에 대하여 정의한 바와 같이 온실가스 배출규제에 관한 친환경선박기술에 대해 국제협약의 이행 규정과 관련하여 정부 및 산업계의 이행정책 추진 강화 필요성이 확대되고 있는 실정이다.

〈그림 5-3〉 선박 질소산화물 배출 규제 추이



자료: 선박에너지효율등급 도입에 따른 친환경·고효율 조선 요소부품 경쟁력 제고 전략, 부품소재혁신연구회, 2012.2.

1985년에 세계기상기구(WMO)¹³⁹⁾와 국제연합환경계획(UNEP)¹⁴⁰⁾이 지구온난화의 주범이라고 공식적으로 선언한 이산화탄소에 대하여 국제해사기구 해양환경보호위원회(MEPC)에서는 2008년부터 선박의 이산화탄소 배출 통제 문제를 본격적으로 다루기 시작하였다.¹⁴¹⁾ 이후 국제해사기구는 2011년 7월 선박기인 온실가스 배출관련 기술기준의 형태로 선박에서의 온실가스 배출감축을 위한 기술적·운항적 조치를 해양오염방지협약(MARPOL) 부속서 6의 개정규정으로 채택하였다. 이 개정협약은 전통적인 국제해사기구의 비차별 원칙을 준용하게 되었다. 이는 선진국과 개도국 모두 동일하게 국제해사기구 협약의 비차별 원칙(Non-discrimination)¹⁴²⁾을 선박기인 온실가스 배출규정에 적용해야 함을 의미한다. 현재까지 국제연합(UN) 산하 국제기구 중 유일하게 국제해사기구만이 선박기인 온실가스 배출규제를 강제규정으로 채택하여 발효시킨 상황으로, 국제사회는 선박부문의 선도적 온실가스 배출규제 강제화 결정에 주목하고 있다.

국제해사기구는 온실가스 감축을 위한 기술 및 운항적인 조치로서 신조선에너지효율설계지수(EEDI) 및 선박에너지효율관리계획서(SEEMP)를 강제 이행하도록 추가하였으며, 시장경제원리를 바탕으로 한 시장기반 규제조치(MBM: Market Based Measures)를 도입하기 위한 선박 온실가스 감축 성과 창출을 위해 노력하고 있다.

¹³⁹⁾ 세계기상기구(WMO, World Meteorological Organization), 1950년 3월 세계기상사업의 조정 및 표준화를 도모하고, 국가 간 기상정보의 효과적인 교환을 장려하고, 각국에 대한 기상조사 및 훈련을 촉진시킬 것을 목적으로 발족되었다.

¹⁴⁰⁾ 국제연합환경계획(UNEP, United Nations Environment Programme), 1972년 스웨덴의 스톡홀름에서 열린 《유엔인간환경회의》의 결정에 따라 1973년에 설립되었으며, 케냐의 나이로비에 본부를 두고 있다. 환경과 관련된 다른 국제기구나 국가에 경비와 기술 인력을 지원해 환경보전 활동에 도움을 주는 것을 목적으로 한다.

¹⁴¹⁾ 이윤철 & 박한선, “선박기인 온실가스배출규제에 관한 국제법적 연구”, 「한국해사법학회」, 제23권 제2호, 2011. pp.79-102.

¹⁴²⁾ “IMO 비차별주의 원칙(NMFT, No More Favourable Treatment)”은 ‘1974년 해상에서의 인명 안전을 위한 국제협약에 관한 1978년 의정서 (SOLAS Protocol, 1978)’에서 명문화되어 각 회원국에 권고되어진 이후로 모든 IMO 협약에 적용되어지고 있는 원칙이다(SOLAS, Protocol of 1988 relating to the International convention for the Safety of life at Sea, 1974. Article I General Obligations 1).

(1) 기술적 조치(Technical Measure)

선박 온실가스 배출감축을 위한 기술적 조치의 에너지효율설계지수는 해양오염 방지협약 부속서 6에 추가되어, 2013년 1월 1일부터 신조선에 적용되고 있다. 에너지 효율설계지수는 1톤의 화물을 1마일 운송할 때 발생하는 이산화탄소 배출량을 나타내며, 선박의 에너지효율을 설계 단계부터 관리하여 고효율 선박의 개발을 장려하는데 그 목적을 둔다.

기본설계 단계에서 결정되는 선박의 크기, 운항속도, 주기관의 사양, 각종 추진 및 보조 장비들의 효율 등으로 계산하여 검증기관에 제출되고 검증기관이 이를 확인한 후 선박의 건조가 시작된다. 이후 선박 건조가 완료되면 시운전을 통하여 속도, 연료소모량 등 관련 변수들을 확인하고 실측 수치가 국제해사기구의 에너지효율설계지수 기준선보다 낮은 경우에만 선박의 운항이 가능하다. 기준선은 2015년부터 2025년까지 5년 간격으로 감축률이 최대 30%까지 강화될 예정이므로 고효율 선박을 개발하지 않는다면 신조선의 경우 정상적인 운항이 어려울 것이다.¹⁴³⁾

향후에 에너지효율설계지수(EEDI)를 적용받는 신조선이 인도되더라도 아래의 <표 5-1>과 같이 협약의 이행을 위하여 단계별 온실가스 배출감축률에 따른 적용규정에 따라 당분간은 에너지효율설계지수(EEDI)를 적용받지 않는 선박이 다수일 것으로 전망된다. 이는 에너지효율이 낮은 선박이 여전히 많이 운항됨을 의미하므로 운항선박에 대해 에너지효율을 개선하도록 장려할 수 있는 정책적인 지원이 필요하다고 하겠다.

선체 최적화 같은 기술은 운항선박에 적용하기 어려울 수 있으나 구상선수 개조와 같은 친환경기술은 적용가능하다고 볼 수 있다. 물론 많은 자금이 소요될 수 있다는 것을 고려하여야 한다. 이러한 경우, 정책적인 지원 등을 통해 운항선박에 적용되도록 한다면 우리나라 조선소, 기자재업체와 함께 어려운 여건을 헤쳐 나가는 데 크게 도움이 될 것으로 판단된다.

¹⁴³⁾ 박한선, “선박온실가스 배출규제를 위한 국가책임과 이행방안에 관한 연구”, 한국해양대학교 법학박사학위논문, 2014, pp.75-83.

〈표 5-1〉 EEDI 기준선에 따른 EEDI 감축률(%)

선종	선박의 크기 (재화중량톤수, DWT)	단계별 감축률 및 적용 시기			
		준비 단계	1 단계	2 단계	3 단계
		'13. 1. 1 ~ '14. 12. 31	'15. 1. 1 ~ '19. 12. 31	'20. 1. 1 ~ '24. 12. 31	'25. 1. 1 이후
산적화물선 (Bulk Carrier)	20,000 이상	0	10	20	30
	10,000 ~ 20,000	N/A	0-10*	0-20*	0-30*
가스 탱커 (Gas Tanker)	10,000 이상	0	10	20	30
	2,000 ~ 10,000	N/A	0-10*	0-20*	0-30*
유조선 (Tanker)	20,000 이상	0	10	20	30
	4,000 ~ 20,000	N/A	0-10*	0-20*	0-30*
컨테이너선 (Container)	15,000 이상	0	10	20	30
	10,000 ~ 15,000	N/A	0-10*	0-20*	0-30*
일반 화물선 (General Cargo)	15,000 이상	0	10	15	30
	3,000 ~ 15,000	N/A	0-10*	0-15*	0-30*
냉동 운반선 (Refrigerated Cargo)	5,000 이상	0	10	15	30
	3,000 ~ 5,000	N/A	0-10*	0-15*	0-30*
겸용선 (Combination Carrier)	20,000 이상	0	10	20	30
	4,000 ~ 20,000	N/A	0-10*	0-20*	0-30*

* 감축률은 선박의 크기에 따라 선형적(Linearly) 비례 적용

(2) 운항적인 조치(Operational Measures)

선박에너지효율설계지수는 온실가스 감축을 위해 신조선에만 적용되는 기술적 규제인 반면에, 선박 에너지효율관리계획서와 에너지효율운항지수는 현존선과 신조선이 운항할 때 적용할 수 있는 국제해사기구의 온실가스 배출감축을 위한 운항적인 조치 방안이다. 국제해사기구에서는 선박 에너지효율관리계획서의 이행과 에너지효율운항지수의 사용을 의무화하고 있지는 않으나, 해운선사들의 자발적 실행을 통해 에너지효율 향상에 기여할 수 있을 것이다.¹⁴⁴⁾

(3) 시장기반조치(MBM: Market Based Measures)

국제해사기구의 시장기반조치(MBM) 도입배경은 기술적, 운항적 조치만으로는 온실가스 감축목표를 달성하는 데 한계가 있음을 파악하고, 경제적 접근 방법을 통해서 온실가스 감축을 극대화하자는 것이다. 시장기반조치의 기본 개념은 시장기반체제하에서 이산화탄소를 적게 배출하는 선박에 인센티브를 주고, 이와 반대로 이산화탄소 배출량이 높은 선박에게는 불이익을 주자는 것이다. 그리고 여기에서 발생하는 기금은 개발도상국들의 기후변화 적응을 위한 재정 지원을 하는 것이다.

국제해사기구의 시장기반조치는 2009년 제59차 해양환경보호위원회에서 본격적으로 논의가 시작되었으며, 이후 회원국 및 단체들이 제안한 다양한 시장기반조치 대안들은 2011년 제62차 MEPC 회의에서 7가지 대안들로 선별하여 논의하기로 결정되었다.

현재 국제해사기구에서는 시장기반조치의 2020년 이전에 시행을 목표로, 그동안 제안된 7가지 대안들 중에 하나의 방안을 채택하기 위하여 논의를 추진 중에 있으며, 시장기반조치 제안사항들의 장단점이 나타나고 있다. 현재 국제해사기구에서는 시장기반조치의 특성이 이미 발표된 선박으로부터의 기술적, 운항적 조치와는 상이하여 해양오염방지협약 부속서 6에 편입시키는 것보다는 별도의 협약으로 추진하자는 의견이 지배적이며, 국제해사기구 회원국들은 제안된 7가지 사항들 중에 하나를 선택해야 하는 입장이었으나 잠정 중단되어 논의가 없는 상태이다.

다만, 현존선의 에너지효율규제를 제안하고 선주 단체에서 국제 해운 에너지효율 수준을 정확히 파악해서 추가 감축 규제 도입을 희망하여 현재 PCS가 논의되고 있다.

144) 박한선, 전계논문, pp.77-83.

〈표 5-2〉 IMO 시장기반조치 제안사항 비교

구 분	내 용	비 고
배출권거래제 (ETS: Emission Trading System)	매년 또는 5년 단위 국제해운 부문 총 배출량을 정하여 선사 또는 선대별 배출권 할당 및 상호 거래	제도시행 경험에 있는 국가에 유리 (유럽, 북미)
온실가스 기금 (GHG fund)	일명 “단순 탄소세”로 연료 1톤당 균일한 세금을 부과하여 기금 형성 및 운용 (연료 공급자 또는 선주에게 부과)	제도 시행이 가장 용이하여 상당수 회원국 호응
보상제 (EIS: Efficiency Incentive Scheme)	일본의 보상제(LIS)와 WSC의 연료세(VES)를 통합한 제도로 온실가스 기금제도를 기반으로 선박 탄소지수 기준의 미충족 수준에 비례하여 세금 부과 및 일정 수준 달성 시 면제 또는 보상	신조선 중심 선대운용 국가에 유리 (일본, WSC)
항만세 (PSL: Port State Arrangement)	항만당국이 입항 선박의 화주에게 세금 부과	IMO 특성상 화주에 대한 규제는 실현 가능성 희박 (자메이카)
탄소포인트제 (SECT: Ship Efficiency Credit Trading)	선박 탄소지수 기준의 충족 수준에 비례하여 포인트(Credit)를 획득 또는 미충족 수준에 대한 포인트를 구매해야 하는 제도로 배출허용기준 이하인 선박에 포인트(Credit)를 제공하고 다른 산업부문에 포인트 판매 가능	비국제해운 부문에 대한 의존도 과대 (미국)
환급제 (RM: Rebate Mechanism)	시장기반조치에 적용하여 세계 총 수입품의 무역량 대비 개도국이 차지하는 비율에 해당하는 수준의 기금을 조성하여 개도국에 지원	배출권거래제나 온실가스 기금에 적용가능 인센티브 (IUCN)
시장기반규제 (Market-Based Instrument)	전 세계 총 배출량(317억톤) 중 해운산업의 점유율 3.3%에 해당하는 기금 조성을 위해 각국 선복량에 따른 분담금 납부	배출권거래제나 온실가스 기금에 적용가능 인센티브 (바하마)

자료: 이윤철·박한선, 「선박기인 온실가스 배출규제에 관한 국제법적 연구」, 2011.

3) 국제협약의 이행에 관한 국가책임

환경피해는 원인국가에게 대책을 요구할 문제이기도 하지만, 산업선진국으로서 우리나라의 자체 경제활동으로 인해 발생하는 환경오염이 타국에게 피해를 야기할 수 있는 가능성도 고려하지 않을 수 없다. 이처럼 환경과 관련된 분쟁 및 국제협약 등에 대응하기 위해서는 초국경 환경피해에 대한 국제책임에 대한 연구가 필요하다.

국제책임이란 국제법상의 주체들이 국제위법행위를 함으로 인해 부담하여야 하는 국제법적 책임을 의미하며, 일반적으로 국가가 국제법상 의무를 위반할 경우 이에 수반되는 국제책임을 부담하는데 이를 국가책임(Responsibility of the States)이라고 부른다.¹⁴⁵⁾

그러나 국가책임은 인과관계 규명의 어려움, 주권침해의 소지, 충분하고 만족스러운 구제방법의 부존재, 피해액 산정의 어려움, 국가 간 마찰의 야기 등 이유로 국제분쟁을 해결하는 데에는 많은 한계가 발견되고 있다. 이러한 점에서 오히려 국가 간의 협력에 바탕을 둔 분쟁 해결 노력이 더 효과적이고 바람직하다고 할 수 있다. 특히 지구온난화문제나 오존층 파괴와 같은 범지구적인 환경문제는 환경협약이 존재하는 경우 국제협력이 공고화될 수 있다.¹⁴⁶⁾

모든 국가는 자국 이외의 환경에 피해를 주지 말아야 할 의무, 즉 초국경 환경피해 방지의무는 많은 국제환경선언, 국제조약에서 수용되고 있다. 이 초국경 환경피해 방지의무를 위반할 경우 국가책임이 제기될 수 있다. 대표적인 것이 스톡홀름 선언원칙 21과 리우선언 원칙 2이며, 이 두 원칙은 환경협약을 채택하기 위한 기본원칙으로서 기타 원칙들의 바탕으로 자리 잡고 있다. 우리나라 또한 유엔기후변화협약과 국제해사기구의 온실가스 국제협약 등과 관련하여 초국경 환경피해 방지의무가 있다.

이에 우리나라는 2014년 4월 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)에서 창조형 해양수산 산업 육성 추진전략 중 환경선박 시장 선도에 대한 내용을 발표

¹⁴⁵⁾ 한삼인, 「초국경 환경피해와 국가책임」, 2009.08.

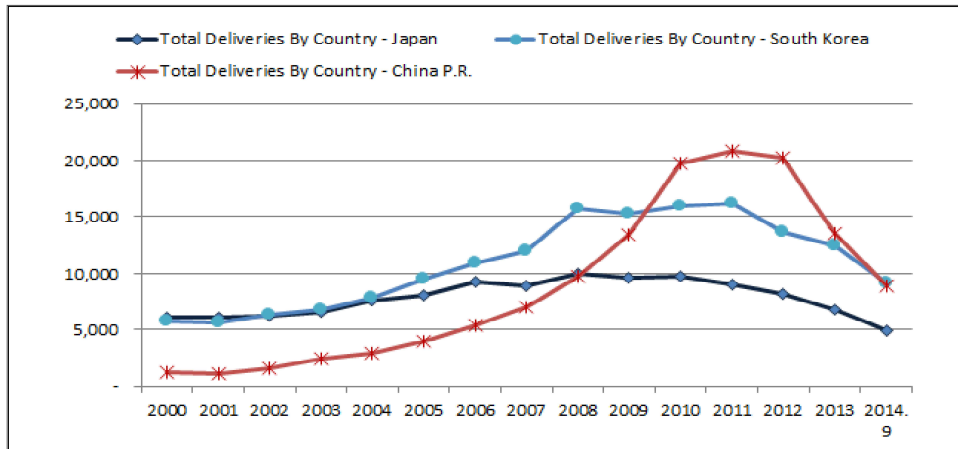
¹⁴⁶⁾ 환경부, 「환경피해의 국제법상 책임에 관한 연구」, 2017.06.

한 바 있다. 선박관련 국제규제 선제 대응을 통한 세계시장 선점을 목표로 국제해사기구 등 국제규제에 대비한 친환경 선박기술 개발을 위해서는 친환경선박 정책이 강화될 필요가 있다.

2. 해운산업의 경쟁력 확보

세계 조선 산업은 긴 호황기를 지나면서 공급과잉 상황이 되었고, 우리나라 조선 산업의 위기도 여기서부터 시작되었다. 2000년대 초반 이후 한국의 선박 건조량이 가장 많았으나, 2000년 후반 이후 중국에 자리를 내주었다.

〈그림 5-4〉 한·중·일 3국의 선박 건조량 추이



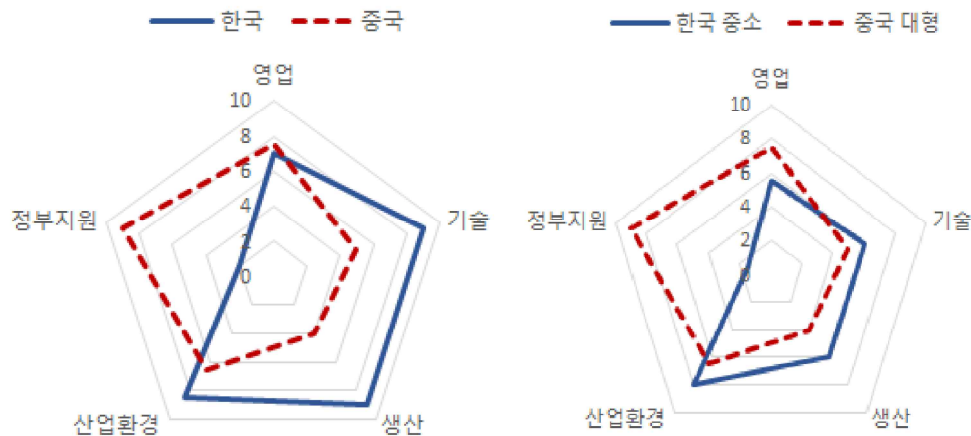
주: 한국수출입은행 해외경제연구소

자료: 클락슨(Clarksons), 2015.

중국은 중국 정부의 전폭적인 지원이 가장 큰 경쟁력이며, 현재 기술 부문의 경쟁력 격차는 좁혀지고 있어 자금력을 앞세워 기술 추격 속도가 가속화된다면 조선시장 경쟁에서 걸림돌이 될 수 있을 것이다. 그러나 생산경쟁력을 좁히기에는 한계가 있어 선박 품질에서 많은 차이가 날 것으로 보이며 우리나라는 기술 및 생산부문에서 우위를 벌려 나갈 필요가 있다. 불황 속에서도 환경 규제에 따른 친환경·고연비에 대한 수요는 늘어나고 있기 때문에 친환경 기술

확보 유무에 따라 해운시장 회복 시 핵심적인 경쟁력을 가진 차별적인 수혜를 기대해볼 수 있다. 해운·조선시장에서는 기술개발의 속도가 향후 시장 점유율을 좌우할 것이며, 동전의 양면과 같이 위기 이후 경쟁력 격차를 벌릴 수 있는 기회가 왔을 때를 대비한 기술력 확보가 절실하다.

〈그림 5-5〉 한국과 중국의 조선 산업 경쟁력 비교평가



자료: 한국수출입은행 해외경제연구소, 2016.

친환경기술에 대한 도입을 위하여 우리나라 해운기업도 다양한 연료소모량 절감을 위한 기술개발과 정부차원의 R&D도 상당수 진행되었으며, 일부 이에 대한 경제적 이득을 가져오기도 했다. 최근 IMO의 동향은 신조선에 대한 에너지효율설계지수(EEDI)에 대한 친환경기술개발을 더 발전시켜 계산식을 수정하고자 하는 다양한 의제문서를 회원국에서 제출하고 있다. 조만간 이에 대한 개선된 계산식이 합의가 되어 정립될 것으로 예측된다.

무엇보다도 중요한 것이 현존선에 대한 온실가스 감축 정책일 것이다. 현재 운항하고 있는 선박의 에너지효율 개선을 위한 친환경기술의 적용이 결국 해운기업의 생존을 위협하고 있기 때문이다. 오래되어 에너지효율설계지수를 만족시키지 못하는 선박은 결국 시장에서 퇴출될 것이기 때문이다. 현존선에 대한 강력한 온실가스감축에 관한 규제기준은 점점 더 강화될 것이고 이에 부응하는 친환경

경기술 또한 발전하고 선진국을 위주로 선박매매 시장에서도 친환경기술을 적용하지 않고 경쟁력이 떨어지는 선박은 결국 시장에서 보기 어렵게 될 것이다.

2016년 IMO 해양환경보호위원회(MEPC 70)에서 채택된 현존선 온실가스 데이터 수집시스템을 통하여서는 향후 2018년부터는 모니터링되고 2019년부터 해운회사에서 연료유사용량을 검증받아 기국에게 보고하도록 의무화되었고 이러한 수집된 데이터를 기국에서는 IMO에 제출하도록 의무화되었기 때문에 더욱 친환경기술의 선박적용에 대한 것이 투명하게 드러날 것이다. 이는 중고선 위주로 선박을 운영하는 해운회사라면 더욱 타격이 클 것으로 예상된다.

친환경선박을 많이 보유한 선박소유자는 선박의 임대시장에서도 강력한 경쟁력 우위에 있기 때문에 막대한 자금을 가지고 선박을 소유하고자 하는 선주도 시장의 상황을 분석하여 향후에는 선박임대 정책과 임대수입에 대한 경쟁력 확보를 위하여 친환경기술이 적용된 선박확보에 총력을 기울일 것이기 때문이다. 이러한 트렌드와 시장의 변화는 결국 선박의 대형화와 맞물려 친환경기술이 선박시장을 주도하게 될 것으로 전망된다. 또한 새로운 형태의 연료유를 사용하는 LNG 추진선박의 건조의 활성화와 2020년 연료유 속에 포함된 황 함유량의 규제치가 0.5% m/m로 강화되어 시행될 예정이기 때문에 이를 만족하기 위한 처리장치(Scrubber)를 설치하거나 연료유를 LNG로 변경할 것이다. 이러한 모든 규제의 강화는 친환경선박에 적용되는 기술을 가속화하는 긍정적인 영향을 가져올 것이다.

이러한 친환경기술의 적용을 위한 노력이 해운기업의 가장 큰 정책우선 순위로 고려되어 개별 해운기업의 생존 경쟁력에 크게 영향을 미칠 것으로 전망된다. 또한 2020년을 기점으로 IMO 규제치의 강화 및 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 대한 대응능력 확보가 결국 해운산업의 경쟁력에 직접적인 영향을 미칠 것이며, 해운산업과 조선 산업은 다시 한번 구조개편과 체질개선의 전환점(Turning Point)을 맞이할 것으로 전망된다.

제2절 친환경선박 정책의 목표 및 기본방향

1. 친환경선박 정책 목표

선박으로부터 배출되는 온실가스 감축의 환경보호 효과와 해운시장에서의 친환경선박이 가지고 있는 경쟁력 측면에서 수요자들을 고려한 정책목표가 설정되어야 한다. 친환경선박을 기반으로 EU 등 주요국 정부가 해운산업의 경제 활동을 지원하는 정책수립을 고려하고 머스크라인 등 주요선사의 최근 트렌드를 반영한 해운선사 및 정부의 전략적 정책목표가 수립되어야 한다.

친환경선박에 대한 정책목표는 첫째, IMO에서 규정한 온실가스 규제협약의 이행목표를 달성하는 데 있다. 따라서 현시점에서 온실가스 규제의 적합여부를 포함하여 중·장기적으로 친환경기술의 선박적용 확대를 기반으로 2020년까지 선종별로 규정된 최소 10% 이상의 온실가스 감축목표를 달성하여야 한다. 현재는 IMO 국제협약의 1단계 조치로 2015~2019년까지 10%까지 감축목표가 설정되어있지만 2단계 2024까지는 20% 감축, 3단계 2025년 이후에 30% 감축률을 달성하기 위한 정부와 해운기업의 실행계획이 수립되어야 한다.

둘째는 유엔기후변화협약의 이행차원에서 국가별로 제출된 온실가스 자발적 감축기여(INDCs) 목표인 37%를 감축하기 위한 실행계획을 수립하여 추진하여야 한다. 현재 「저탄소 녹색성장법」에 따라 우리나라에서 도입되어 추진 중인 온실가스 목표관리제의 고도화가 필요하고 국내 연안 선박을 대상으로 BAU 기준 30% 감축목표를 우선적으로 달성하기 위해서는 2020년 이전에 19만 1천 톤의 온실가스감축목표를 달성하여야 한다.

셋째는 친환경기술 개발에 관한 R&D 예산의 증가율을 정부는 국가차원의 감축목표와 동일하게 단계적으로 2020년까지 37%까지 예산을 확대하는 목표를 설정하여 추진하여야 한다. 또한 민간차원에서 해운기업은 친환경선박의 확보율을 전체 선박 대비 2020년 이전에 30%까지 친환경선박으로 전환하는 시행 계획을 수립하여 추진할 필요가 있다.

이러한 목표를 달성하기 위한 실행방안으로는 이 연구에서 수행한 우리나라 선박의 친환경기술 적용실태 조사결과를 바탕으로 친환경기술의 적용확대를

위하여 과감한 친환경기술 R&D 예산 확대, 정부와 민간이 협업하여 공동프로젝트 수행, 친환경기술의 국제표준화, 친환경선박 촉진을 위한 관련법의 제정과 같은 정책적 지원, 해당기업과 연구소의 기술개발 혁신, 전문 인력의 양성 등과 같은 세부추진계획을 수립하고 정부와 민간의 적극적인 협력체계를 구축하여야 한다.

2. 친환경선박 정책 추진 기본방향

친환경선박의 도입 확대와 친환경기술의 발전에 관한 정책 기본방향은 첫째, 온실가스 감축 이행목표를 달성하기 위한 방향으로 설정되어야 한다. IMO와 유엔기후변화협약에서 요구하는 기준을 충족시키기 위한 세부이행계획을 수립하여 시행하여야 한다. 둘째는 해운산업의 경쟁력 제고를 위하여 친환경선박의 확보 정책 추진, 친환경선박 전환보조금 제도(금융지원정책)의 도입 및 제4차 산업을 고려한 기술개발(R&D)에 있어서 친환경기술 개발에 투자 촉진이 이루어져야 한다. 셋째는 이러한 친환경정책 수립의 이행효과를 극대화시키기 위하여 각각의 정책추진 추진에 대한 실행계획을 수립하여 이행하는 방향으로 추진되어야 한다.

이 연구의 제4장과 제5장의 실제 친환경기술과 사례 및 실태조사 결과를 분석해볼 때 우리나라의 경우 기존 보유 선박들의 평균선령이 높음에도 불구하고 친환경기술을 적용한 신조선 투자에 대해서는 굉장히 부진하였다. 또한 각 부처별 친환경기술에 대한 많은 R&D 과제를 진행하였음에도 불구하고 검증체계 미흡 및 과제에 따른 명확한 결과를 활용한 상용화 및 시장분석을 통한 사업화 대책이 절대적으로 부족한 것을 알 수 있다. 따라서 해운산업의 경쟁력을 확보, R&D 투자확대를 위한 환경조성 및 친환경기술에 관한 원천기술 확보하여 해운조선기자재산업 등 관련 산업을 촉진시키는 시행계획이 마련되어야 한다.

지속가능한 환경개선과 친환경규제 강화에 대비하기 위해서는 우리나라 선사의 친환경선박 확보정책 이행과 사업경쟁력 확보를 위한 환경개선을 위하여 기존선박을 개조하거나 친환경기술 장비를 선박에 설치하는 경우 금융지원을

추진하는 방안이 시급히 마련되어야 한다. 또한 노후 선박에 대한 폐선보조금을 지원하여 선박을 해체하고 신조선을 건조하여 친환경선박을 확보하는 방향으로 정책이 추진되어야 한다. 이를 위해서 가장 비용효과적인 친환경기술의 적용을 위하여 ‘친환경선박 기술위원회’를 구성하고 정책금융당국의 지원을 이끌어내기 위한 대책을 마련하여 시행할 필요가 있다.

머스크라인이나 글로벌 해운선사에 비해 우리나라 해운기업의 친환경기술 개발 R&D 인력과 투자자금은 현저히 부족한 실정이다. 친환경선박을 촉진하기 위한 기본법을 제정하고 해수부, 산업부, 미래부, 기재부 등이 함께 참여하는 가칭 ‘친환경선박 미래발전 기본계획’을 수립할 필요가 있다.

제3절 정부 정책과제

1. 정부지원정책 강화 방안

우리나라는 2015년 6월 30일에 2030년 온실가스 감축목표를 달성하는 데 있어서 별다른 온실가스 감축노력이 없었을 때 배출될 것으로 예상되는 온실가스 발생량(BAU)에서 37% 감축하는 것으로 목표를 설정하고 유엔기후변화협약사무국에 자발적 감축기여방안을 제출하였다.

이에 ‘저탄소녹색성장 기본법’에 따라 국가 온실가스·에너지 감축목표 중 연안 해운 분야는 2020년까지 배출전망치 대비 약 5.6%인 18만 1,000톤을 감축해야 한다. 2014년부터 연안해운 감축 목표달성을 위해 해운법 제3조 및 제23조에 따른 국내항 간 여객·화물 해상운송사업자가 보유한 선박으로부터 연간 온실가스 배출량 및 에너지 소비량 총합이 아래의 표<5-3>의 기준 이상인 쌍용해운, 씨월드고속훼리의 2개 업체를 온실가스 목표관리제 관리업체로 지정했다.

〈표 5-3〉 온실가스·에너지 목표관리제 대상 업체 기준

구 분	온실가스배출량 (kilotonnes CO ₂ e)		에너지 소비량 (Terajoules)*	
	업 체	사업장	업 체	사업장
2014. 1. 1부터	50 이상	15 이상	200 이상	80 이상

* TJ(테라줄): 23.88 TOE(Ton of Oil Equivalent, 원유 1톤에 해당하는 열량)

자료: 해운법 제3조 및 제23조

또한 정부와 관련기관의 주도로 ‘온실가스 배출량 및 에너지 소비량 검증방안 연구’를 추진하는 등 온실가스 목표관리제 시범사업을 하고 있으며, 온실가스 목표관리제 수행을 위해 관리업체를 추가 지정하여 ‘연안해운 온실가스 배출량 및 에너지 소비량 일제조사’를 실시계획을 수립하고 추진 중이다.

온실가스 목표관리제의 기업별 감축 목표치는 해당 기업의 3년간 온실가스 배출 실적, 생산 증가 예상치 및 온실가스 감축 계수 등을 고려하여 결정한다. 해당 업체는 결정된 감축량에 대해 연말까지 목표 달성을 위한 구체적 이행계획을 만

들고 매년 이행 결과를 정부에 보고해야 한다. 또한, 감축량을 달성하지 못한 기업은 1,000만 원의 과태료를 부과받게 되는데 감축량을 달성한 기업에는 특별한 인센티브를 제공하고 있지 않은 실정이다. 목표관리제가 배출권거래제의 준비단계 성격으로 온실가스 배출량 검인증 체계 확립 및 업체 배출량 데이터 확보에 기여하기 위한 목적으로 시행되고 있으나, 배출권거래제뿐만 아니라 온실가스 목표관리제에도 보다 적극적인 정부의 지원정책이 마련된다면 기업의 자발적인 참여를 유도하여 목표 달성에 박차를 가할 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 5-4〉 선박에 의한 온실가스 배출량(IPCC 2006 가이드라인의 배출계수 적용)

구분	어선	일반선박				총계
		국적선		외국적선	소계	
		연안선	외항선			
1990년	2,940	2,477	2,580	5,242	10,299	13,239
1991년	3,149	1,049	4,869	7,834	13,752	16,902
1992년	3,250	1,158	5,809	10,146	17,114	20,364
1993년	3,408	4,093	4,249	12,438	20,780	24,189
1994년	3,822	3,736	5,838	13,555	23,128	26,950
1995년	4,086	3,688	7,365	15,109	26,163	30,249
1996년	4,161	1,993	10,285	17,196	29,473	33,635
1997년	4,386	2,620	11,120	19,080	32,821	37,206
1998년	4,001	2,235	11,404	19,771	33,411	37,412
1999년	3,522	2,085	12,686	21,478	36,249	39,771
2000년	3,765	2,789	11,568	20,102	34,459	38,224
2001년	4,162	2,536	10,662	19,731	32,929	37,091
2002년	4,120	2,941	10,612	18,811	32,364	36,484
2003년	3,989	3,066	10,628	21,004	34,698	38,687
2004년	3,719	2,922	9,668	23,143	35,733	39,452
2005년	3,367	2,820	9,700	23,159	35,678	39,045
2006년	3,359	2,723	10,853	22,083	35,659	39,018
2007년	3,313	2,675	10,300	20,131	33,106	36,419
2008년	2,571	2,711	8,812	20,224	31,746	34,318
2009년	2,886	2,512	7,630	18,618	28,760	31,646

자료: 선박부문 온실가스 배출량 산정에 관한 연구, 대한교통학회지, 2010.

1990년부터 2009년까지 온실가스 배출량을 확인해보면 매년 어선의 온실가스 배출량이 매년 연안선보다 대부분 많았다. 그러나 실제로 어선 분야까지 데이터 보고 강제화는 어렵기 때문에 추정해서 통계만 관리하는 쪽으로 진행되고 있다. 어선 분야까지 확대 적용이 가능하려면 지속적인 소통을 통해 업계의 요구를 반영하여 신뢰성을 가질 수 있도록 정책적으로 보장해줄 수 있는 장치가 마련되어야 한다.

1) 친환경선박 및 친환경기술 육성 지원정책 강화

「친환경선박 개발 및 지원법」을 시급히 제정하고 “친환경선박 육성 및 지원 기본계획”을 수립하는 등 관련규정을 마련할 필요가 있다.

정부와 산업계의 공조체제를 바탕으로 신성장 동력으로 친환경기술 적용확대를 위한 부처 간 및 부처 내의 협조를 이끌어내고 조정하기 위한 국무총리실에 “친환경선박 촉진위원회”를 구성하여 부처 간의 이견을 조율하고 정부의 방침과 업계의 의견을 수렴할 수 있는 장치를 마련하여 시행할 수 있도록 법률안에 내용을 포함시킬 필요가 있다.

친환경선박 개발 및 지원법에 법조문에 친환경기술 R&D에 대한 성과평가를 강화하기 위한 평가위원회를 구성하여 운영함으로써 최신 친환경기술의 동향과 정부정책에 반영할 수 있는 R&D 항목에 대한 의견수렴을 정기적으로 실시할 필요가 있다.

우리나라 화물운송량의 상당 부분을 차지하고 있고 육상운송을 해상운송으로 전환하기 위한 정책이 지속적으로 추진되고 있으므로 이와 더불어 이러한 선박들에 대한 인센티브 부여 방안과 친환경기술 적용확대를 위한 금융지원 정책당국과 협의할 수 있도록 중소형선박 및 선사의 정책적 지원방안에 관하여 친환경선박 개발 및 촉진법에 내용을 포함시키는 방안을 고려할 필요가 있다.

2) 제4차 산업혁명 전환 선박친환경기술 R&D 강화

친환경기술에 대한 다양한 R&D를 해수부 및 산업부에서 수행하고 있으나 실질적인 적용과 테스트는 최첨단 선박에서 실시하여야 한다. 최근 자동화선박 도입, 사이버 보안, 사물인터넷(IoT), ICT 융합, 빅데이터, 드론, 가상현실(VR)을 활용하여 선박의 에너지효율을 높일 수 있는 기술개발 R&D와 접목시키는 노력이 필요하다. 이러한 환경변화를 고려하여 정부와 산업계가 공조하여 제4차 산업혁명을 선도하기 위한 추진과제와 중장기 목표를 설정할 필요가 있다.

디지털 거버넌스 체계의 확립 및 경쟁력 있는 고부가가치 비즈니스 창출을 위하여 선박의 친환경기술 분야에 있어서도 해운선사에서 보유하고 있는 빅데이터 및 조선

소의 선박건조 시에 가지고 있는 빅데이터에 수집 및 활용방안에 대한 분석이 필요하다.

이러한 분석결과를 바탕으로 하여 관련 산업의 육성정책 등과 연계하고 이를 활용하기 위한 범 정부차원의 태스크포스(TF)를 구성하여 역할 분담을 통한 체계적인 대응이 필요하다.

3) 친환경 연료원에 대한 연구개발

현재 선박에서 사용되고 있는 에너지효율개선기술을 재평가할 수 있는 모델 및 발전된 평가 도구를 신뢰성 확보와 감축성과 창출을 위하여 개발할 필요가 있다. 더불어 미래 친환경에너지원을 기반으로 한 선박의 연구개발이 필요하다. 현재 거론되고 있는 대기오염규제 내용은 모두 그 원인이 화석연료를 사용함으로써 발생되는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 사료된다.

그 해결방안으로 LNG 연료가 관심을 받고 있으며, 향후 2030년까지는 LNG 선박이 지속적으로 증가할 것으로 예측된다. DNV-GL의 연구보고서에 따르면 2022년까지 전 세계적으로 161척의 LNG 추진선박이 등장할 것으로 예측하고 있다. 그러나 이 또한 향후 메탄 등의 관리가 본격화된다면 타격을 받을 가능성을 배제할 수 없다. 장기적인 기초과학의 발전 측면에서도 다음 세대를 위하여 전혀 새로운 시각의 선박 연료원에 대한 연구개발이 필요하며, 이를 위해 산학관연 클러스터 형태의 연구가 필요하다. 또한, 일반 화학계통에서 이와 관련한 연구가 일정부분 진행되었으므로 이러한 기술역량을 응용하여 적용될 수 있는 환경여건과 기초과학에 투자하는 기반의 조성이 범 정부 차원에서 대책마련이 필요하다고 하겠다.

4) 현존선 대상 황산화물 배출 대응정책 연구

온실가스와 관련한 그간의 관심은 선박의 대형화 및 연료유 규제치를 만족시키기 위해 배기가스 후처리장치나 부착장치 개발 등의 형태로 많은 관심을 가져왔다. 그러나 황산화물 규제 강화에 따라 선박 대형화 이상으로 황산화물 규제에 대한 이행능력은 해운회사의 경쟁력에 영향을 미칠 수 있으며, 또한 정

부의 연료유 수급정책과 연료유 공급기반조성은 결과적으로 화석연료 기반의 선박연료유를 사용하는 해운회사의 산업경쟁력과 고효율의 친환경선박 확보의 가장 중요한 요소가 될 수 있다.

이에 대한 대안으로 검토 및 추진되고 있는 LNG 추진선박에 대한 해운·조선 산업 육성방안은 LNG 연료추진선박, 배기가스 청정시스템 등이 연구되고 수주가 일부 진행되고 있지만, 근본적으로는 LNG 연료가격이 기존 HFO 등의 연료 대비 투명성과 공급지별 편차가 크고, LNG 연료보급시스템에 대한 도입 또한 수년간 논의되어 오고 있으나 LNG 선박으로의 전환과 해운산업의 경기 침체로 신조여건이 부족하다보니 리스크가 충분히 정책입안자에게 제공되지 못하고 있는 실정이다. 또한 수요자측면에서의 검토도 부족하기 때문에 수요자 중심의 산업육성과 관련 기자재의 국산화 육성도 중요하지만 전반적인 LNG 추진선박의 연관 산업 추진동력이 부족하다고 판단된다.

현시점에서 배기가스 청정시스템의 도입 또한 일부 수요가 예상되나 이로 인한 2차 오염물 사용금지에 대한 각국의 입장이 서로 다른 실정이다. 예를 들어 일부국가에서는 최소한 영해 내에서 배기가스 청정시스템의 청정수 배출을 금지할 수 있다. 이에 따라 과학적인 근거를 기반으로 하여 배기가스 청정시스템의 사용 가능여부를 평가하고 이를 조기에 확정하여야 관련 기술도입을 검토하는 해운선사와 관련 기자재를 연구하고 공급하는 기자재업체 등의 의사결정에 도움이 될 것이다.

따라서 황산화물 배출 대응정책의 수립, 연관 산업의 육성 및 미래 한국의 ECA 설정을 위한 기초 인프라 구축 연구 등 범 정부 차원의 공동 연구추진 등 정책공조가 필요하다. 이러한 인프라구축에 대한 연구를 통하여 중요 대응옵션별로 식별되는 리스크를 충분히 사전에 평가하고 관련 정보를 해운회사와 관련 산업계에 제공하는 것이 정부의 주요 역할이라고 판단된다. 이를 기반으로 선사가 황산화물관련 대응기술을 선택하고 산업경쟁력을 확보할 수 있도록 인센티브 제공방안 등 정부의 지속적인 지원정책 마련이 필요하다고 하겠다.

5) 현존선 에너지효율 컨설팅 체계화

선박과 관련한 신기술은 개발된 당시 새롭게 건조되거나 주요개조를 거치는 선박에만 적용될 가능성이 높고, 기존에 운항중인 선박에 적용될 것을 기대하는 것은 현실적으로 어려운 문제이다.

사실상 기존에 운항 중인 선박이 신조선 대비 에너지효율이 낮음에도 불구하고 관심부족으로 인해 지속적인 개선이 되지 않는다면 선사의 수익 및 환경 개선은 기대하기 어렵다. 그러나 유럽을 중심으로 선박개조를 통해 에너지효율 개선과 더불어 화물선에 적용사례가 증가하고 있다. 특히, 구상선수 개조는 이미 해외선사에서는 일반화되어 추진되고 있으며 일부 선주는 선박의 폭(B)을 넓히는 방법으로 에너지효율 및 화물적재용량 개선을 이뤄내기도 하였다.

현존선의 에너지효율 개선을 위한 조치는 선박의 운항특성, 선종 및 크기 등에 따라 적합여부가 다르므로 예를 들면, 선박안전관리(ISM) 컨설팅처럼 이러한 업무를 수행할 수 있는 전문적인 컨설팅 업무가 필요할 것으로 보인다.

물론 국내에 이러한 기능을 조선소, 선급 등이 수행하고 있지만, 적극적으로 선박의 에너지효율 평가를 통해 맞춤형 서비스를 할 수 있는 전문기관이 필요한 것으로 사료된다.

6) 친환경선박 인센티브 제도 정책 마련

에너지효율설계지수를 적용한 신조선을 건조하더라도 현재 시점에서 운항선박의 대다수가 에너지효율설계지수를 적용받지 않은 상태로 운항하고 있다. 이에 현존선에 대한 에너지효율개선을 이끌어 낼 수 있는 정책의 하나로써 현존선의 운항 성능을 평가하고 이에 따른 인센티브를 제공하는 방안을 고려할 수 있다. 싱가포르의 Maritime Singapore Green Initiative, 파나마, 라이베리아¹⁴⁷⁾ 등의 현존선 대상 에너지효율 개선 선박에 대해 항만수수료 인하 등 인센티브 제도를 도입하여 현존선에 대한 에너지효율 개선 촉진사례로 평가받고 있다.

¹⁴⁷⁾ 라이베리아는 Green Award로부터 인증 받은 선박에 대해 3%의 연간 톤세를 감면한다.

또한 세계 주요 항만에서 제공하고 있는 Environmental Ship Index 제도를 기반으로 항만의 실정에 맞게 인센티브를 제공하는 뉴욕/뉴저지 항만의 사례를 참고하여 국내 각 항만에서도 항만실정에 맞는 요구조건을 추가하여 인센티브를 제공한다면 항만과 항만도시의 대기환경 개선에도 기여할 것으로 판단된다.

2. IMO 등 친환경기술 대응정책 수립

1) IMO의 강화되는 온실가스 규제

친환경기술과 관련된 다양한 국제적인 논의와 제도들이 국제기구를 통해서 뿐만 아니라 지역별, 권역별, 국가별로 이루어지고 있다. 따라서 가장 기본적인 협약에 근거한 신조선에 적용되는 선박에너지효율설계지수(EEDI), 모든 선박에 적용되는 선박에너지효율관리계획서(SEEMP), 향후 2018년부터 도입되어 2019년부터 시행될 온실가스 데이터 수집시스템(Data Collection System)을 고려하여 정부는 제도시행을 위한 관련법을 제·개정하고 해운회사는 규제에 대비한 최소한의 요건을 갖추어야 한다.

어려운 해운시장 상황에도 불구하고 환경보호라는 측면에서 환경규제는 점점 더 강화될 것으로 예상되므로 정부와 해운회사의 적극적인 협업을 통한 대비책 마련이 필요하므로 정부와 해운회사의 온실가스 규제에 대한 상설협의체를 구성할 필요가 있다. 해운회사, 업계 전문가, 연구기관 등의 의견수렴을 정기적으로 실시하여 해운경쟁력을 높이기 위한 노력을 강구할 필요가 있으며 친환경선박 개발 및 촉진법에도 민간단체가 포함된 협의체를 구성하는 내용을 포함시킬 필요가 있다.

2016년 3월 국제해사기구에서는 선박 배출가스 규제를 둘러싸고 선진국과 개발도상국이 대립하는 상황에서 일종의 ‘타협 조치’로 실제연비데이터 보고제도(MRV, Monitoring/Reporting/Verification)를 검토한 바 있다. 실제연비데이터 보고제도는 총톤수 5,000톤 이상의 선박에 대하여 IMO 식별번호, 선종, 총톤수, 순톤수, 중량톤, 주기관 및 보조기관 출력, EEDI, Ice class 등의 선박 기술적 제

원, 연료종류별 연간 총 사용량에 대한 데이터 수집 방법론을 선박에너지효율관리계획서(SEEMP)에 명시하고 IMO 가이드라인에 따라 해당 데이터를 수집해야 한다. 연료 소비량 등 항해 자료를 보고하여, 선박의 연료 사용량을 한 눈에 파악하여 배출가스 감축 노력을 촉구하려는 데 그 목적이 있다고 하겠다.

국제해사기구 MRV 시행 계획안에 따르면 데이터 보고의 주체는 등록선주(Registered Owner)이며 데이터는 매년(시행일자로부터 12개월)마다 모든 완료된 항차에 대하여 수집된 데이터를 연간 값으로 합산하여 보고기간 종료일로부터 3개월 이내에 기국(Flag State)에 국제해사기구 표준 서식을 사용하여 전자적인 방법으로 보고하여야 한다.¹⁴⁸⁾

〈표 5-5〉 IMO procedure for MRV (draft)

	responsibility	requirements
16.1.1~ 16.12.31	ship	monitoring plans prepared & submitted to verifiers
17.1.1~ 17.12.31	ship	commence per-voyage and annual monitoring
~ 18.3.31	ship to flag state	submit a verified emission report
~ 18.4.30	flag state to IMO	submit a annual data to the IMO database
18.1.1~ 18.12.31	ship	keep latest a certificate of compliance and commence per-voyage and annual monitoring

자료: 한국해양환경안전학회, MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지효율 포탈 시스템 개념 설계

실제연비데이터 보고제도는 선박의 에너지와 배출량 모니터링 설치에 대한 행정적, 경제적 부담이 추가되기 때문에 불황을 겪고 있는 해운선사에는 부담이 아닐 수 없다. 정부 차원의 지속적인 데이터 수집·운영 및 보고방식의 자동화시스템 구축 및 지원이 필요하다. 아울러 국제해사기구 표준 보고서식에 따른 보고양식의 표준화가 이루어져야 할 것이다.

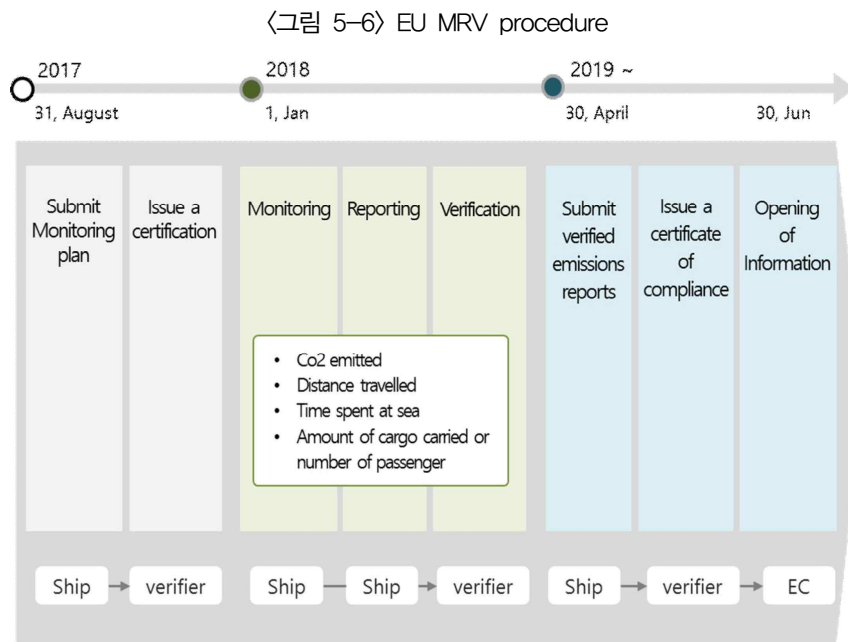
¹⁴⁸⁾ 한국해양환경안전학회, MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지효율 포탈 시스템 개념 설계, 2016

2) EU 등 지역기구 및 지역협력체의 대응정책

(1) EU 온실가스 정책 및 규제 대비 정책 수립

유럽연합(EU, European Union)은 국제해운 온실가스 배출량에 대한 규제 압박을 위해 유럽항만을 입출항하는 선박의 운항데이터에 대한 실제연비데이터 보고제도 시행을 위한 법률을 유럽연합 의회(EC, Council of the European Union)에 제출하였고 동 법률은 2015년 7월에 발효되었다.

이에 따라 2018년 1월부터 유럽연합 항만을 입출항하는 총톤수 5,000톤을 초과하는 모든 선박은 <그림 5-6>과 같이 이산화탄소 배출량 및 연료사용량, 운항관련 자료, 에너지효율 등 기타 기후관련 정보를 매년 측정하여 제3자 기관의 검증을 받아 유럽연합 의회에 제출하여야 한다.

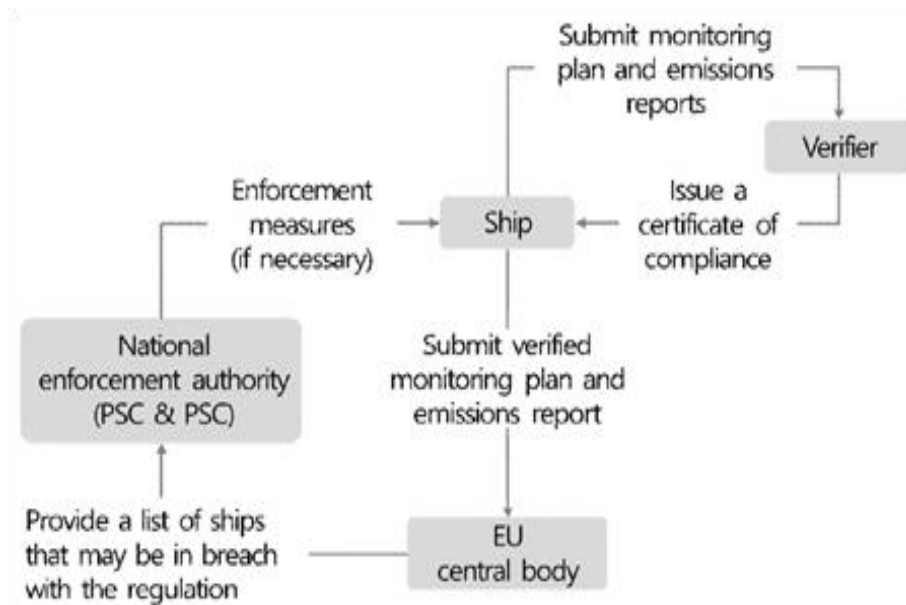


자료: 한국해양환경안전학회, MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지효율 포탈 시스템 개념 설계

유럽연합의 실제연비데이터 보고제도 시행 계획은 <그림 5-7>과 같이 2017년 8월 31일까지 모니터링 계획서를 제출하고 2018년 1월 1일부터 매년 이산화

탄소 모니터링을 개시하며, 2019년도 4월 30일까지 검증기관의 확인이 완료된 검증보고서를 유럽연합 의회에 제출하고 적합확인서를 선내에 배치하여야 한다. 유럽연합 의회는 국제해운 선박에서 보고된 검증보고서의 결과를 매년 6월 30일에 공개한다.

〈그림 5-7〉 EU MRV trial plan



자료: 한국해양환경안전학회, MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지효율 포탈 시스템 개념 설계

(2) EU-ETS와 지역규제 대비 정책 수립

친환경에 대한 관심과 지구환경보호에 대한 전 세계의 규제는 특히, 유럽(EU)을 비롯한 선진국 및 미국에 입항하는 선박의 특별 관리를 요구하고 있다. 향후 EU의 특별법과 지역규제에 대비한 선박의 입출항에 영향을 미칠 수 있는 기준에 대비하여 사전에 대표성을 가진 온실가스협약체 등을 통하여 국제협력을 위한 관계구축을 할 필요가 있다. 특히, IMO의 경우는 파견된 정부직원을 통해서 최신동향을 파악하고 유럽국가의 동향에 대하여는 주제네바유엔사무처를 활용한 외교적인 루트를 통해서 친환경선박을 요구하는 유럽지역의 규제에

대비할 필요가 있다.

더불어 중국, 홍콩을 비롯한 아시아지역 국가의 온실가스 배출규제에 대한 사항은 양자 및 다자간협의를 강화하고 해사안전 및 해양환경에 대한 주요 어젠다로 아시아지역해사안전기관장 협의체(APHomsa)를 통한 국제협력 강화 등을 통해 지속적으로 우리나라 선박의 해외피해사례를 줄이기 위한 대책을 수립하여 실시할 필요가 있다.

(3) 미국 및 중국의 배출규제해역(ECA) 통항을 위한 대비정책

2010년 국제해사기구(ICS)는 북미 연안 해역 및 하와이 해역 200해리 수역에 걸쳐 미국에서 제출한 배출규제해역(ECA, Emission Control Area) 지정요청 문서를 심사하고 이 지역을 배출통제지역으로 지정하는 것을 승인하였다. 미국 환경보호청(EPA) 주도로 제출된 배출규제해역의 지정요청 문서는 NOx, SOx 및 미립자 물질(PM)을 획기적으로 줄이도록 하는 내용을 담고 있다. 미국 환경보호청은 내부지침을 제정하여 선박 연료유의 황 함유량을 0.1% 이하로 낮추도록 하였으며 기준에 적합하지 못한 선박은 입항 금지 및 운항상의 제약을 받도록 규정하고 있다.

그러나 2015년 기준으로 IMO의 황 함유량에 대한 조사결과에 따르면 전 세계에 공급되는 일반적인 병커 C유의 황 함유량은 HFO(380cst) 기준으로 4% 수준이고 평균 황 함유량은 약 2.47% m/m로 볼 수 있다.¹⁴⁹⁾ 이에 따라 북미 지역을 운항하는 선사들은 사용연료의 기준을 맞추거나, 해양오염방지협약(MARPOL) 부속서 6에서 승인한 배기가스 저감장치(Scrubber)를 선박에 장착해야 한다. LNG 연료 추진선이라고 하더라도 대형 선박의 경우 100% LNG 추진 방식이 아니라 일반적으로 혼합 연료유의 엔진구동 방식을 사용하고 있으므로 이 또한 환경규제를 만족시켜야 한다. 즉 원양에서는 중유로 추진하더라도 근해에서는 LNG를 연료로 사용할 수 있어야 한다.

한편, 중국은 선박기인 대기오염물질 배출감축을 위한 정부정책의 시행으로 중국 내 온실가스 배출 규제지역 설정 및 시행계획을 발표하였다. 중국해사청

¹⁴⁹⁾ IMO MEPC 69/5/7, Sulphur Monitoring for 2015, 2016. 2.

(China MSA, Maritime Safety Administration)은 2015년 12월 중국 내 주장삼각주, 장강삼각주, 보하이만 등 3곳을 선박기인 배출규제통제해역으로 설정하였다. 올해는 배출규제해역 내 중국항만에 접안이나 묘박 시, 황 함유량 0.5% 이하 연료유를 사용하도록 권고하고 있다. 이 범위는 단계별로 확대하여 2017년부터는 규제지역 내 주요 항만으로 범위가 확장되며, 2018년에는 규제지역 내 모든 항만 내 접안 및 묘박 중인 선박을 대상으로 시행된다. 2019년에는 규제지역 내 운항하는 모든 선박을 대상으로 하게 된다. 상기의 규정은 선박 접안 및 묘박시점 1시간 이후부터 출항 1시간 전까지 적용되며, 선박육상전원장치(AMP) 등 선박 배출가스 감축을 위한 대체수단을 사용할 수 있다.

선박기인 황 함유량(0.5% 이하 기준) 배출제한을 자발적으로 시행해왔던 홍콩항에 이어 중국 내 11개 항만(센젠항, 광저우항, 저우지양항, 상하이항, 닝보-저우산항, 수저우항, 난통항, 텐진항, 친황다오항, 탕산항, 후양화항)에서 자발적으로 배출규제해역 적용을 통해 황 함유량 배출을 제한하기로 하였다.

하지만 중국 선박 배출가스 제한기준은 기존에 배출규제해역을 이미 시행하고 있는 발틱해(Baltic Sea), 북해(North Sea), 북미(North America), 미국 캐리비안(Caribbean) 지역의 기준인 황 함유량 0.1% 이하의 기준에는 못 미치는 수준이며 단지 국제해사기구의 해양오염방지협약 부속서 6의 규정을 충족하는 수준(2020년 1월부터 황 함유량 0.5% 이하의 연료유 사용)이다.

중국 당국은 황 함유량 0.1% m/m 이하 연료유 사용 규정 도입에 대해서는 2019년 이후에 재검토 후 적용할 계획이다.¹⁵⁰⁾

전 세계 무역량의 90% 이상을 해상운송 수단에 절대적으로 의지하고 있는 것을 고려할 때 세계 1위와 2위의 무역국가인 미국 및 중국항에 입항하지 않는 해운국가는 없을 것이다. 2015년 이후 및 미래에도 배출규제해역 내에서 선박들이 운항하기 위해서는 황 배출이 적은 고가의 바이오 연료(Bio-Fule) 또는 LNG를 사용하여 기존의 사용하던 중유의 대체, 배기가스 저감장치 장착에 따른 현존선의 개조 또는 신조를 통한 친환경선박과 친환경기술 확보가 필수 조

¹⁵⁰⁾ 해사정보신문, 2016.01.27.,[<http://www.haesainfo.com/news/articleView.html?idxno=19057>]

건이라고 볼 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 선박기인 온실가스배출 규제에 따른 대기환경보호에 관한 기술적 및 정책적 조건으로 노후 선박의 폐선조치 등을 통한 친환경선박으로의 전환하는 것은 해운회사의 경쟁력확보와 지구환경보호 차원에서 피할 수 없는 역사적 흐름이 되어가고 있다.

중국은 다양한 선박 유형 및 조기 폐선 연한에 따라 특별 보조금을 재정하여 1,500위안/총톤수 기준에 따라 폐선·개조하는 선박에 폐선보조금을 공공재정 형태로 지급하는 정책을 수립하여 시행하고 있다.

중국선급협회에서 발표한 국제협약, 규정, 표준 조건에 부합하는 조건 하에 보조금은 50%씩 선박 해체와 건조 후 두 번에 나누어 지급한다. 이것은 실상 국가가 해체 및 건조에 대해 무상으로 선사에게 지원하여 자국 내의 조선소가 선박을 건조하는 형태로 선박산업 패러다임의 변화를 가속화시킬 수 있는 가장 좋은 모델이라고 할 수 있다.

우리나라 또한 남동발전이나 POSCO 등의 우리 국적 화주들부터 정기선을 국내 조선소에 발주하고 국내 기자재업체에서 스마트십의 핵심 주요 기자재 및 부품을 생산하는 일련의 과정들을 정부지원 하에 이루어진다면, 추후 빅데이터 분석을 통해 선사들은 경제적 운항, 조선소는 새로운 콘셉트의 선박을 개발하는 것에 용이할 것이며 해운·조선·항만의 상호 정보공유 및 관련 산업의 활성화에 대한 시너지 효과는 상당할 것으로 예상된다.

3. 시사점

유엔기후변화협약(UNFCCC)의 경우 연안선만 대상이 되어 이행 주체는 대한민국에서 국적을 가진 연안 운항선박들이다. 연안선에 대해서는 탄소시장, MRV는 해당되지 않아 강제성이 없고 어선 분야의 자발적 또는 적극적인 데이터 보고화가 이루어지기 힘들다. 선박기인 연료소모량에 대한 데이터수집에 한계가 있어서 집적조사와 추정에 의한 통계방식을 혼합하여 관리하고 있다. 온실가스 감축측면에서 보면 국제 해운 분야뿐만 아니라 연안선의 환경적인 측면

도 고려해야 될 사항이므로 연안 분야와 국제해운 분야를 아우르는 정책이 필요하다고 하겠다.

국제해사기구가 실제연비데이터 보고제도 시행할 계획을 확정하였고 2018년 이후의 모든 데이터는 관리되어야 하므로 국내에서도 이에 대한 대응책이 필요하다. 실제연비데이터 보고제도가 원활히 이루어지려면 해운과 조선, 두 산업에 관련된 모든 분야들이 유기적으로 결합이 되어있어야 한다. 국가를 비롯해 조선, 해운 모두 친환경기술에 대해 개발 및 발전하려는 노력은 이행하고 있으나 부진한 이유는 상호 간 통합되지 않고 개별적인 구상 때문이라고 하겠다.

해운선사, 조선소, 기자재, 화주, 선급 등 관련 기관들이 서로 상생할 수 있는 메커니즘을 통해 유기적인 연계 협력방안을 마련하여야 한다. 또한 국가의 금융지원이 지속적으로 추진된다면 국제적인 규제에 대비하여 국가 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

해운과 조선의 극심한 불황기로 관련 기업들이 현재 친환경이 대세라는 사실을 극명히 잘 알고 있으나 개선의 방도가 없다. 너무나 많은 정책들이 있지만 이해관계에 따라 산발적으로 집행되고 있어 법을 통해 컨트롤 타워의 기능을 하나로 모으는 것이 중요하다. 친환경선박법을 통해 산업계에도 인센티브를 주고 결과적으로 최종 관련 산업계에 인센티브가 발생하는 모두가 win-win하는 정책수립이 필요하다.

제4절 해운기업의 추진과제

1. 친환경기술 검증시스템의 도입

1) 필요성

친환경기술을 적용함에 있어 해운사의 의사결정 구조는 비교적 단순하면서 명료한 것으로 판단된다. 친환경기술이 효과가 있는지 검증하고 증명되면 투자가 되는 구조이다. 기술에 대한 정보는 많이 소개되고 있으나, 그럼에도 투자가 실현되지 않는다면 그 이유는 효과검증에 대한 불확실성에서 기인한다고 볼 수 있다.

투자에 앞서 CFD, 모델테스트, 시뮬레이션 등을 통해 1차 검증을 하고, 선박에 설치하여 실제 운항상의 효과를 2차 검증함으로써 효과가 검증되는 기술을 확대 적용하는 것이 선박 친환경기술에 대한 일반적인 투자방법이다.

효과가 검증되더라도 곧바로 적용될 수 있는 것은 아니며, 효과에 대한 빠른 비용회수기간이 보장되어야만 투자가 집행되며, 비용회수기간에 대한 내용은 각 해운사마다 다른 정책을 가지고 있는 것으로 판단된다.

2) 효과 검증의 어려움

선박을 건조하여 선주에게 인도하기 전에 선박의 계약 속력을 확인하는 방법으로 사용되는 것이 ISO 15016 표준이다. 해당 표준에 따르면, 시운전을 하는 해역은 잔잔하여 선박에 미치는 영향이 적어야 하며, 선박은 만재배수량 상태여야 한다는 등등의 조건이 붙어있지만 실제로 그렇게 시험을 할 수 없기에 이를 보정하여 예측 선속을 산정함으로써 계약 속력 충족여부를 확인한다.

선박에 작용하는 저항으로는 마찰저항, 조파저항, 와류저항 등이 있고, 선박이 운항하는 해역의 수심, 해수온도, 타각 등에 따라 선박의 실제 운항성능이 영향을 받는다. 선박에 작용하는 다양한 에너지를 고려하여 실제 작용하는 선박의 운항성능을 평가하기란 현재까지는 어려운 숙제이다. 선체에 부착하는 에너지효율개선 장치 또한 CFD나 모델테스트 차원에서 테스트하여 나타나는 결과는 실제 크기로

확대하여 적용한 결과와 다르게 나타날 수 있다.

그 이유는 테스트했던 조건과 운항 조건이 상호 다를 수 있기 때문이거나 CFD와 같이 소규모 범위의 결과를 실선으로 확대하는 과정에서 발생하는 오차 등으로 인해 차이가 발생하기도 한다. 실제로 에너지효율을 개선해준다고 알려진 기술도 선박에 따라 효과를 내는 경우가 있는 반면, 어떤 선박에서는 오히려 에너지효율을 감소시키는 사례가 있다¹⁵¹⁾. 그 만큼 Lab 기반의 테스트 결과가 실선적용 결과와는 다르게 나타날 수 있기 때문이다.

또한 검증기법이 표준화되어 있지 않아 이에 대한 신뢰 재고가 어렵다. 선박의 에너지효율을 산정하는 기법은 몇 가지 제안은 되어 있으나 보편적인 지지를 얻고 있는 방법은 부재한 상태이다.

국제해사기구는 선박에너지효율관리계획서의 선박 비치를 강제화하고 선박의 에너지효율 평가 지표로써 Energy Efficiency Operational Indicator¹⁵²⁾를 사용토록 권고하였지만, 지표에 포함되어 있는 요소가 많지 않고 이마저도 화물 선적 요건¹⁵³⁾에 따른 상업적인 요소에 영향을 받는 상황이라 선박 자체의 에너지효율을 평가하는 도구로 사용하기 어려운 상황이다.

국제표준기구는 선체와 프로펠러의 성능측정에 관한 ISO 19030을 금년 내 정식 채택할 예정이다. ISO 19030은 선박으로부터 계측되는 자료를 바탕으로 평가하는데 일정기간 Benchmark 기간의 선속을 기반으로 그 이후의 일정 기간에 대한 선속의 변화를 상대 평가하는 기법이다.

도료제조사가 주도하여 시작되었지만, ISO 초안을 만드는 과정에서 많은 전문가들이 참여하여 표준화 최종단계까지 와 있는 상태이다. 표준에 대한 여전한 의문에도 불구하고 향후에는 선박에서 실시간으로 생성되는 자료를 가지고 선박의 에너지효율을 평가하는 것이 필수적인 환경으로 변화되고 있음을 알 수 있다.

이와 같이 선박에너지효율 평가기법은 여전히 논란의 여지를 안고 각사 개

¹⁵¹⁾ MEWIS DUCT의 경우 어떤 선박에서는 에너지효율개선효과를 가져오지만, 어떤 선박에서는 오히려 에너지효율이 저하되는 경우를 경험한 바 있다.

¹⁵²⁾ MEPC.1/Circ.684 Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator(EEOI)

¹⁵³⁾ 화물을 선적하지 않고 Ballast만 싣고 운항하는 경우에는 Energy Efficiency Operational Indicator를 산정하지 못한다.

별적으로 활용되고 있으며, 3자 검증을 위한 환경 또한 조성되어 있지 않아 친환경 기술에 대한 해운선사의 적극적인 투자의사결정을 기대하기 어려운 상태이다.

2. 친환경기술 R&D 추진과제

1) 황산화물 규제 대응 기술

해운선사는 특히, 컨테이너선사는 그간 운송비용 절감 목적으로 초대형선 발주에 주력하여 왔다. 이로 인해 18,000TEU 이상 선박은 2011년 최초로 발주 계약이 성사된 이래, 2016년 8월 현재 41척의 선박이 운항 중이며, 68척의 선박이 인도될 예정이다. 국내 선사가 보유중인 컨테이너선박의 최대 크기가 13,000TEU에 불과한 것을 고려하면, 실제 선적 가능한 소석물 등을 고려하지 않고 보았을 때 30~50%가량 경쟁력 우위에 있는 것으로 쉽게 계산할 수 있다. 또한 이러한 경쟁력 우위를 해외선사들은 CO₂ 배출량으로 환산하여 이해관계자들에게 홍보하기도 하였다.

그러나 황산화물 규칙에 따른 대응 기술에 따라서는 선박이 건조되어 폐선될 때까지 어떠한 대응기술을 적용하느냐에 따라 100% 가까운 높은 비용이 발생할 수 있다. 그러므로 선박 대형화보다 더욱 비용측면의 의미가 있는 내용이 황산화물에 대한 대응방식이다.

이를 선사 전략측면에서 보았을 때 상대적으로 소형이지만 가장 비용효율적인 황산화물 대응기술로 대응하는 선박이, 상대적으로 대형이지만 황산화물에 대한 별다른 대응전략이 없는 선박보다 선박 운항경쟁력이 제고될 수 있음을 의미 한다¹⁵⁴⁾.

이러한 연료유 내 포함된 황 함유량에 대한 규제 강화에 대응하여, 0.5% m/m 연료유, LNG 연료, 배기가스 정화장치 등의 옵션으로 추려지고 있다.

0.5% m/m 연료유는 선박에서 손쉽게 사용할 수 있는 기술로 전망되며 정유사의 개발의지에 따라 ISO 8217 규격에 따른 유종 공급이 가능할 것으로 전망되

¹⁵⁴⁾ 대형선박이 효과적인 황산화물대응전략을 가진다면 가장 높은 경쟁력을 가질 수 있음은 물론이다.

나, 3가지 옵션 가운데 가장 높은 비용지출이 불가피할 것으로 전망된다.

황 함유량이 거의 없는 LNG 연료는 연료유를 공급받을 수 있는 항만사정에 따라 공급 가격이 천차만별이다. 북미지역은 셰일가스 등으로 인해 저렴하게 공급이 가능하나 유럽은 평균정도의 가격 그리고 아시아지역은 매우 높은 도입 단가로 인해 경제성에서 차이가 발생하며 이마저도 LNG 연료를 공급받을 수 있는 항만이 한정적인 상태이다. 또한 별도의 연료저장 탱크 및 공급시스템으로 인한 높은 비용 등으로 인해 선가의 15~20%의 추가 비용이 발생할 수 있으나 기술적인 준비는 완성단계로 평가되고 있다.

배기가스 청정시스템은 전혀 새로운 기술은 아니며 이미 20~30년 전에 기술적으로는 완성된 기술이다. 저가의 고유황유를 사용할 수 있다는 장점과 함께 0.5% m/m 사용제한이 발효될 경우 오히려 고유황유 가격이 하락될 수 있다는 전망 또한 예상되므로 조기에 장착하는 선주들에게는 큰 장점이 될 수 있다. 배기가스 청정시스템의 단점은 설치에 막대한 공간이 필요하다는 점이며, 이로 인해 현재까지의 현실적인 적용대상은 신조선에만 한정되는 것으로 인식되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존에 나오는 제품보다 소규모의 고효율적인 배기가스 청정시스템이 개발되어야 신조선뿐만 아니라 현존선의 적용확대에 도움이 될 것으로 보인다. 이러한 부분에서 배기가스 청정시스템의 Compact 기술이 현존선 개조 측면에서 중요사항으로 평가된다¹⁵⁵⁾.

특히 국내 선사들이 신조선 발주보다 중고선박을 매입하는 형태로 선박을 확보한다는 사실에 비춰볼 때 현존선 개조측면에서 배기가스 청정시스템 기술이 보완될 필요가 있다.

2) 친환경기술 실증체계 구축

한국선급은 2015년 그린쉽 기자재 시험·인증 센터를 개소하고 선박용 디젤 엔진 시험·평가·분석, 연소 및 배기가스 정밀 측정·분석, 배기가스 후처리

¹⁵⁵⁾ ALFA LAVAL사는 배기가스 청정시스템의 크기 감소 기술을 내세우고 있다.
(<http://www.alfalaval.com/media/news/2016/continuous-rd-yields-major-size-reduction-in-the-puresox-u-design/>)

시스템 시험·인증, 연료유의 품질 평가분석, 소재의 부식 및 방식 평가분석, 열 제어 및 유체 응용시스템 평가분석, 차세대 동력시스템 평가분석 등을 수행한다고 밝힌 바 있다.¹⁵⁶⁾ 이로 인해 친환경기술로 인증 받는 기술이 보다 확대될 것으로 전망된다.

그럼에도 불구하고 친환경기술에 대한 민간으로의 확대를 위해서는 기술에 대한 탑재 REFERENCE 확보가 필요하며, 탑재에 따른 검증결과를 정확히 공개하는 것이 필요하다.

이러한 요구를 수용하는 방법으로 국가 보유 선박을 대상으로 이러한 친환경기술 선제 적용을 통해 친환경기술을 실증하고 이를 검증기관을 통해 검증결과를 공개하는 체계를 구축하는 것이 방안이 될 수 있다. 또한 중앙정부부처 뿐만 아니라 자치단체 또한 선박을 관리 중이므로, 해양수산부 차원이 아닌 범 정부 차원의 관공선 친환경 기술 적용 확대방안을 마련할 필요가 있다.¹⁵⁷⁾

관공선을 통한 친환경 기술을 검증하고 옥석을 가린다면 이러한 기술은 기술개발자의 개발의지를 살리고 해운선사 등에 빠르게 전파될 수 있을 것이다.

3) IT기반 선박관리시스템 고도화

선박은 전통적으로 하루에 1번 선박의 운항정보를 육상에 전달한다고 하여 NOON REPORT를 작성하였다. 그러나 통신시스템의 개발로 인한 비용 하락 및 유가로 인한 에너지효율 평가 요구에 따라 선박운항정보를 실시간으로 평가할 수 있는 시스템에 대한 요구가 거센 상태이다.

또한, 황산화물 규제가 강화될수록 연료유 사용현황 등에 대한 관리의 고도화가 필수적이며 선박배출온실가스에 대한 의무적 보고체계 도입과 함께 수동계산이 아닌 자동계산 방식으로 즉각 관리할 수 있는 방식에 대한 요구가 커져갈 것으로 예상된다. 실시간으로 선박운항정보를 평가하기 위한 기술은 보다

¹⁵⁶⁾ 자료: 군산시, ‘그린쉽 기자재 시험·인증 센터 개소식’ 성황리 개최, media.daum.net

¹⁵⁷⁾ 정부는 2016년 하반기에 1000억 원을 들여 관공선과 해경함정 등 선박 61척을 신규로 발주하기로 하였다. 해양수산부가 국고여객선과 어업지도선 등 29척을 신규로 늘린다. 국민안전처는 해경 경비정은 23척, 방위사업청은 군함을 4척 추가로 발주한다. 이 밖에도 환경부는 공원순찰선과 수질조사선 등 3척, 관세청은 밀수감시용 감시정 1척, 교육부도 해양교육용 실습선 1척을 발주 예정이다.

확대될 것이며, 이에 대한 시장성 또한 매력적이다.

또한, 선박에 대한 관리 고도화 측면에서 선주들은 일일이 분석하기보다는 KPI 측면에서 선박의 모든 지표를 관리하기를 원한다. 그러므로 실시간 에너지 효율 평가 지표를 포함하여 선박에 대한 주요 관리항목을 손쉽게 식별하고 경영에 반영할 수 있는 시스템의 구축이 필요하다.

해외선사의 경우 이러한 시스템을 도입하고 있으며, 이를 통해 선박관리의 고도화가 실현되고 있다. 그러나 국내선사는 일부에서 실시간으로 선박에너지효율을 평가할 수 있는 체계를 갖추었으나 선박 전반적인 관리항목을 실시간으로 관리할 수 있는 체계를 갖춘 곳은 없는 것으로 판단된다.

4) 에너지효율개선관련 가상현실 교육프로그램 개발

선박 승무원의 자질에 따른 선박별 에너지효율 차이는 동일한 항로를 운항하는 선박의 연료소모량 등의 차이를 통해 쉽게 식별할 수 있다. 그만큼 선박에너지효율에 있어 좋은 선박을 확보하는 것도 중요하나, 좋은 승무원을 확보하는 것 또한 중요하다.

2013년부터 선박에 에너지효율관리계획서를 보급하고 선박에너지효율관리에 대한 중요성을 재차 강조하고 있지만, 선박 승무원의 인식에는 여전히 안전 확보를 이유로 환경개선에 대한 노력은 부족한 것으로 보인다. 예로써, 불필요하게 발전기를 병렬운전 한다든지, 사용 중이지 않는 펌프전원을 그대로 유지한다든지 등이 있다. 이는 에너지효율개선이 필요한 이유를 인식하지 못한다는 이유도 있겠지만, 문자로 접하는 지식을 체화하지 못하고 있다는 이유도 존재한다.

선박에는 기존에 사용하던 장비 외에 환경규제와 관련하여 새롭게 도입되어야 할 많은 장비가 있다. 선박평형수관리협약에 따라 외래물질 처리를 위한 평형수처리장치, 황산화물 대응을 위한 LNG 연료추진장치, 배기가스 세정시스템, 질소산화물 처리를 위한 배기가스 환원시스템(Exhaust Gas Recirculation System), 선택촉매장치(Selective Catalytic Reduction System) 등이 수년 내에 적용되어야 하며 선박의 특성에 따라 서로 다른 메이커 제품이 장착됨에 따라

승무원의 운용능력 제고가 필요한 상황이다.

이미 일부 선박에서는 새로운 장비 장착에 따른 승무원의 고충이 보고되고 있으며, 개별 장비의 특성에 맞는 맞춤형 교육이 필요한 상황이다. 그러므로 문자로 접하던 지식을 눈으로 체험할 수 있도록 해주는 가상현실 기반 교육프로그램 개발이 필요한 것으로 보인다.

가상현실 교육프로그램은 사회 전반에서 교육도구로써 널리 확산되고 있는 추세이다. 연구결과에 따르면 가상현실 교육프로그램을 사용 시 학습자의 집중력 분산이 17% 감소되며¹⁵⁸⁾, 기타 긍정적인 효과를 고려하여 가상현실 기기와 연관된 교육콘텐츠가 개발되고 있다.

이러한 사회적 변화를 반영하여 해사산업에 적합한 교육콘텐츠를 발굴하여 가상현실 기반 교육프로그램을 개발한다면 선박기기 고도화에 따른 승무원들의 고충 해소 및 에너지효율개선에 대한 체화교육이 가능할 것으로 전망된다.

5) 선박환경규제 종합대응 지원체계 구축

선박에 대한 환경규제가 강화되고 있다. 국제해사기구를 중심으로 한 다자간 국제협약 외 연안국 중심의 자체적인 규제 또한 강화되고 있는 실정이다. 이에 따라 국제해사협약에 대한 파악 외, 각 국가의 자체적인 규제 현황 또한 파악이 필요한 실정이다.

평형수 관리와 관련하여 주도적인 역할을 하였던 호주는 여전히 가입하지 않고 자체적인 규정을 요구하고 있으며, 미국은 입항하는 선박에 대해 별도의 미국형식 승인 제품을 장착할 것을 요구하고 있다. 브라질은 선박평형수 관리협약 비준국임에도 불구하고 여전히 입항하는 선박에 대해 평형수 처리약품을 도포하여야만 배출할 수 있다. 이 밖에도 수많은 국가들이 자체적인 평형수 관리기준을 요구하고 있는 실정이다.

황산화물처리와 관련하여 배기가스 청정시스템은 사용 시 2차 오염물질이 발생하게 되는데 이와 관련하여 독일 같은 국가는 배출을 허용하지 않아 이와 같은 국가를 기항할 경우에는 Close 타입 장비를 장착하여야 한다.

¹⁵⁸⁾ 고려대 인지심리연구소 남기춘 교수 공동연구 결과

선체 오손과 관련하여 미국 캘리포니아주는 별도의 선체오손 규칙을 마련하고 일정 수준 이상의 선체 오손이 발생한 선박에 대한 벌칙을 준다는 계획을 가지고 있으며, 뉴질랜드는 자체적인 선체오손 규칙을 마련하여 2018년 1월 1일부터 시행 예정이다.

유럽연합의 경우 국제해사기구가 채택하였음에도 아직 발효하지 못한 환경규제에 대해 자체적인 법규를 제정하여 시행하고 있다. 선박재활용과 관련한 자체적인 법규를 제정하여 유럽국적 선박뿐만 아니라 비유럽국적 선박에 대해서도 유해물질목록을 비치하여야만 2021년 이후 입항이 가능하며, 온실가스배출량 관리를 위하여 2015년 7월 자체적인 규칙을 마련한 상태이다. 또한, 자체적으로 유럽연합국가에 입항한 선박은 정박 중 0.1% m/m 저유황유를 사용하여야 한다. 유럽연합 국가는 아니지만 노르웨이, 터키는 입항한 선박이 정박 중 0.1% m/m 저유황유를 사용하도록 강제화하였다. 이 밖에도 국가별로 국제해사기구 협약과 별도의 환경규제를 마련하고 있으므로 이러한 정보를 손쉽게 활용할 수 있는 지원시스템의 구축이 필요하다. 산업통상자원부의 경우 국제환경규제 기업지원센터를 구축하고 별도의 홈페이지¹⁵⁹⁾를 통해 각국의 환경규제 정보를 검색하고 활용할 수 있는 여건을 구축한 상태이다.

선박의 경우 그간 국제해사기구가 제정한 국제해사협약에만 치우친 면이 있으나, 이에 추가하여 각국의 환경규제 정보를 선박/선사가 활용할 수 있는 정보 체계 구축이 필요하다.

6) 친환경선박 평가 및 인센티브 제도 강화

친환경선박이란 국제적으로 통일된 정의는 없지만 각국에서는 나름의 기준을 가지고 친환경선박에 대한 인센티브 제공을 확대하고 있다.

파나마 기국의 경우 선박 친환경프로그램 시행을 통해 EEDI 40% 이상 개선선박, LNG 연료추진선박 및 EEOI 관리 선박에 대한 세금감면 제도를 시행하고 있다. 싱가포르의 경우 Maritime Singapore Green Initiative를 통해 친환경 기술개발, 친환경선박에 대한 인센티브 부여 등을 통한 친환경활동을 강화하고

¹⁵⁹⁾ www.compass.or.kr

있다. 한국의 경우, Environmental Ship Index에 따라 부산항만공사 및 울산항만공사에서 기준 충족선박에 대한 항세감면 등의 인센티브를 제공하고 있지만, 친환경선박에 대한 정부차원의 지원 강화가 필요하다.

향후 국제해사기구의 온실가스자료수집시스템 도입에 따라 모든 선박이 온실가스자료를 보고하여야 하고 이를 통해 선박에 대한 에너지효율평가가 가능할 것이다. 물론 국제해사기구가 온실가스자료수집시스템 도입에 따라 별도의 조치를 취할 수 있겠으나, 한국정부 차원에서도 충분히 친환경선박 평가 등의 자료 활용이 가능할 것이다.

이러한 여건 변화를 활용하여 친환경선박으로서의 개념을 보다 정밀하게 수립할 필요가 있으며, 선박/선사의 참여를 독려할 수 있을 것이다.

7) 친환경 연료원 개발 추진

한국정부는 친환경기술을 개발하고 있지만 그 내용이 개별오염원에 대한 대응 기술위주로 구성되어 있다. 즉, CO₂, SO_x, NO_x 등 개별 오염원에 대한 기술위주로 구성되어 있다 보니 개별물질처리에 필요한 장비비용 발생 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제점의 근본은 HFO, MDO, LNG 모두 화석연료를 기반으로 한 연료를 사용한다는 것이다.

그러므로 개별오염원을 줄이고 이의 처리를 위한 친환경연료 대체원료 개발에 관한 보다 장기적인 계획수립이 필요하다고 판단된다. 이미 산업통상자원부 차원에서 선박에 관한 연료전지, 신재생에너지 등의 개발 등에 관한 과제가 수행되었으나 확산단계에 이르지 못하고 있는 것으로 판단된다.

그러나 육상의 다른 산업 분야의 경우 연료전지 등 신재생에너지가 확산추세에 있고, 이러한 기술의 고도화 또한 진행되고 있으므로 이러한 기술을 선박에 활용하는 방식으로 친환경 연료를 이용한 선박이 보다 보편적으로 활용될 수 있도록 하는 정책적 배려가 필요해 보인다.

8) 디지털 선박, 스마트 선박

미래선박은 현재하고 있는 많은 부분이 자동화될 것으로 예상된다. 이 또한 4차

산업혁명의 하나로써 선박과 IT가 융합되는 변화의 한부분이 될 것이다.

선박이 자동화되며 환경적으로 유효할 수 있는 점은 다음과 같다. 배출통제구역 통항을 위한 연료유 교환작업이 정확하게 수행될 수 있다. 화물선적무게가 정확히 측정되어 선박 컨디션 조정을 위한 평형수 주입이 정확해질 수 있다. 항해일정 수립 시 조우할 해상기후를 고려하여 최적의 항로 설정이 가능하다.

이 밖에도 ‘선박기기를 시기도래를 이유로 정비하는 것이 아니라 기기의 컨디션에 따라 정비함으로써 정비 비용을 단축할 수 있다, 선박고장 이유를 정확히 판단함으로써 육상에서 정확한 고장수리 지침을 내릴 수 있다’ 등의 이유로 선박에 대한 디지털화를 시도하고 있다. 이는 기술 트렌드 자료에서 공통적으로 예상하고 부분이다.

이러한 미래선박에 필요한 기술이 센서, 통신기기, IT 솔루션 등이다. 이러한 정밀한 기술의 확대에 따라 선박이 운항하며 끼치게 되는 환경적 외부비용을 보다 정밀하게 산정할 수 있을 것이며, 그 외에도 선박이 바다에 있지만 언제나 육상과 연락되어 보다 안전한 여건에서 운항할 수 있게 될 것이다.

이와 관련된 미래 선박 트렌드 보고서¹⁶⁰⁾에서는 이러한 기술에 관심을 두고 지속적인 기술개발을 수행하고 있다. 또한, 일부에서는 무인선박까지 개발한다는 목적 하에 IT 기반의 선박 개발을 서두르고 있다. 앞서 밝힌 바와 같이 이는 사회가 변해가는 4차 산업혁명의 일환이므로 일부의 생각일 뿐이라고 치부할 것은 아니며, 기술력 선점을 위해 산학관연 협업이 필요한 분야이다.

3. 시사점

1) 장비설치비용 금융지원

각종 환경협약 발효 가시화에 따라 대응항목에 따라 선박은 장비를 장치하지 않고 OPEX가 발생하는 방법을 선택할 수 있고, 장비를 설치함으로써 OPEX를

¹⁶⁰⁾ DNVGL TECHNOLOGY OUTLOOK 2025, LLOYD'S REGISTER GLOBAL MARINE TECHNOLOGY TRENDS 2030

줄일 수 있는 방법으로 대응하는 방법이 존재할 것으로 판단된다.

특히, 평형수협약의 경우 발효 이후 도래하는 첫 번째 IOPP 정기검사 시까지 D-2 규칙을 충족해야 하는데, 평형수교환 방식으로는 이를 충족하기가 어려우므로 평형수처리장치를 장착하는 것이 필수적일 것으로 전망된다.

황산화물과 관련, 저유황유를 사용하거나, 배기가스 청정시스템을 사용하거나 또는 LNG 연료를 사용하는 방법이 있는데 저유황유를 사용하는 것이 초기 비용은 가장 적게 들 것이나 최소 20년 이상을 운항한다면 배기가스 청정시스템이나 LNG 연료를 사용하는 것보다 전체 비용측면에서 높은 비용이 발생할 것으로 전망된다. 즉, 이러한 경우 장비를 장착하여 운항하는 것이 비용측면에서 유리하므로 이를 위해 장비투자비가 발생하게 된다.

온실가스 배출 저감을 위한 에너지효율개선기술 또한 별도의 장비가 설치 필요하다면 투자비용이 발생하게 된다. 이미 해외선사가 보편적으로 추진하고 있는 구상선수 개조 공사도 선형 선종마다 다르겠지만 \$500,000 이상의 비용이 소요된다.

환경규제 대응을 위해서는 장비 설치 등에 따른 금융이 필요하게 되며, 현재와 같이 어려운 선사 여건을 고려해볼 때 정책적인 금융지원이 필요할 것으로 전망된다.

해외에서는 CARBON WAR ROOM이 UNIVERSITY COLLEGE LONDON ENERGY INSTITUTE와 공동으로 에너지효율개선을 위한 기술을 제안하는 선사에 해당 기술 적용에 필요한 금융을 지원하고 이를 통해 발생하는 경제적 편익을 금융기관과 나눈다는 개념을 제시한 바 있다¹⁶¹⁾. 이 개념은 선박에 대한 정확한 성능평가가 필수적이므로 선박운항자료 관리 고도화가 필수적이다.

국내에서는 에너지관리공단에서 ESCO 투자 사업을 통해 에너지사용자가 에너지절약을 위하여 기존의 노후화되거나 저효율로 운전 중인 에너지사용 시설을 고효율에너지사용시설로 개체 또는 보완하고자 하나, 기술적 또는 경제적 부담으로 사업을 시행하지 못하고 있을 때 ESCO가 에너지절약시설의 설치에

¹⁶¹⁾ CARBON WAR ROOM-UNIVERSITY COLLEGE LONDON ENERGY INSTITUTE, FINANCIAL MODELS FOR RETROFIT, 2014 JUN.

따른 투자비용을 조달하고, 사업 수행 및 에너지절감 효과를 보증하고 절감량(절감액)을 배분하며 에너지사용자는 추후에 발생하는 절감액으로 투자자금을 상환할 수 있다. 에너지사용자가 기술적 또는 경제적 부담 없이 에너지절약형 시설로 대체할 수 있는 사업을 시행할 수 있다¹⁶²⁾.

이러한 기존의 사업모델을 기반으로 친환경 기술의 보급 확대 전략의 일환으로 금융지원을 이끌어 낼 정책개발이 필요하다.

2) 친환경장비 국산화율 제고

대한민국은 선박평형수협약이 2004년 채택된 이래 선박평형수 처리장치산업에 대한 깊은 관심과 지원을 통해 비교적 관련 시장을 주도하고 있으며, 이로 인해 국내 해운선사들이 손쉽게 접촉하고 정보를 얻을 수 있는 상생관계를 유지하고 있다. 현재 약 90여 개의 처리장치 가운데 한국은 20개의 장치를 개발하였고, 몇 개 제품은 시장점유율 또한 높은 것으로 알려지고 있다.

이외 주요 환경규제에 대응을 위한 기술은 정도의 차이는 있으나 시장을 선도하는 제품은 찾기 힘든 수준이다.

배기가스 청정시스템의 경우 많은 정부과제를 통해 연구개발이 되었으나 상용화된 제품은 드물고, 상용화된 제품마저도 시장점유율이 낮거나 발주실적이 없어 제품에 대한 실제 운용상의 안전성이 확보되지 못하고 있는 실정이다¹⁶³⁾.

LNG 연료추진시스템의 경우 연료유공급시스템은 몇 개 국내 업체를 통해 개발되었으나 LNG 연료탱크의 경우 국산화되지 않아¹⁶⁴⁾ 여전히 고가의 비용 지불이 불가피한 상태이다.

질소산화물 처리를 위한 기술은 육상 다른 산업 분야에서 이미 보편화되어 있으며, 이를 이용하여 국내 조선기자재 업체에서 개발하고 발주만을 기다리는 상태로 보여 진다.

온실가스 저감 기술은 조선소 등을 중심으로 신조선에 적용할 수 있는 기술

¹⁶²⁾ http://www.kemco.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/industry_04.asp

¹⁶³⁾ 해외제품으로는 ALFA LAVAL, WARTSILA, GREEN MARINE TECHNOLOGY, DUPONT 등이 있고, 국내제품으로는 PANASIA 등이 있다.

¹⁶⁴⁾ 한국가스공사 주도로 개발된 화물용 탱크 KC-1은 제외하였다.

이 개발되어 있으나 보다 과감한 도전이 필요한 폐열회수처리장치, KITE 등의 분야에는 별다른 시도가 없는 것으로 보인다.

이와 같이 개별 대응기술에 따라 장비 국산화 노력은 양과 질적 차원에서 다양하다. 평형수 처리장치의 경우, 관련 국내 산업이 활성화되어 있어 협약 발효 이전에도 많은 정보 공유를 통해 장단점을 평가하고 준비할 수 있는 여건이 조성되고 있으나, 기타 분야의 경우 주로 해외 기자재 등의 이유로 인해 비용 문제는 제외하더라도 제한된 정보로 인해 선박적용 검토가 충분치 못하다는 것이 해운선사의 인식이며 저변 확대에 제한이 있는 것으로 보인다.

그러므로 환경대응기술 전반에 대한 점검을 통해 필요한 기술에 대해서는 적극적인 개발을 추진할 필요가 있다.

3) 수요자 중심의 연구개발 여건 개선필요

국제해사협약의 내용에 따라 운항되는 선박의 특성상 국제해사기구 하에서 정책 개발 및 결정내용에 따른 이행계획 수립은 매우 중요한 의미를 가진다고 판단된다. 특히, 환경문제는 기술개발 문제를 동반한다는 점을 고려할 때 정책 및 기술개발 공조여건 조성이 필요하다.

그럼에도 불구하고 한국선주협회의 회원사 가운데 국제해사기구에서 논의될 내용을 사전적으로 이해하고 의견을 피력하며, 국제해사기구의 결정 사항을 이해하고 이에 따라 적절한 준비를 수행할 수 있는 선사는 한정적이다. 또한, 해운선사 가운데 정부산하 기관과 협업하여 정부과제를 수행하는 선사 수는 적은 편이며, 이마저도 참여할 수 있는 인원은 매우 한정적인 것이 한국해운의 현실이다¹⁶⁵⁾.

이렇다 보니 환경규제와 관련 수요자 측면에서 요구사항이 피력되고 전달되지 못함으로써 연구전문기관은 수요자가 필요로 하는 연구를 수행할 수 있는 여건이 형성되지 못하며, 수요자가 정작 필요로 할 때 필요한 정책 및 기술이 마련되지 못할 가능성이 높다.

¹⁶⁵⁾ 선박환경 주제관련 주도적으로 참여할 수 있는 해운선사 인력은 전체적으로 대략 20여 명 안팎으로 예상된다.

이를 보완하기 위한 방안으로 협회 차원의 정책연구기능을 강화, 또는 협회와 정책연구소와의 협업을 강화하는 방법이 있겠지만 더욱 근본적으로는 선사에서 이러한 요구를 전달할 수 있는 여건 조성이 필요하다.

4) 선박건조능력을 기반으로 한 최신기술 적용

국내 조선소의 선박 건조능력 및 에너지효율개선 능력은 일찍이 세계에서 인정받고 있다. 특히 동남권에 이러한 조선소가 포진되어 있어 부산을 중심으로 빠른 시간 내 인적교류를 통해 최신기술에 대한 트렌드를 식별할 수 있는 유리한 조건을 갖추고 있다.

그러나 국내 조선소가 현실적으로 선박에 대한 최신기술에 대한 연구하는 파트너는 주로 해외선주인 경우가 많다. 그 내용을 보면 그간 국내 조선소는 해외선주사들과 LNG 연료추진선박 설계, 친환경선박개념 구상 등등의 프로젝트를 수행하여 왔다.

이러한 프로젝트는 순수한 연구차원의 시도도 있겠지만, 대부분 조선소 선박 건조의 일환으로 해외선사와 국내 조선소 간의 비즈니스가 성사 차원에서 수행되고 있다고 보아도 무방할 것 같다.

특히, 선박에 대한 해운선사의 기술력 개선은 선박 건조를 위한 사전준비 등을 통해 많이 습득됨을 고려할 때 국내 해운선사 가운데 선박을 건조할 수 있는 선사가 대체적으로 기술력에 있어서 도약할 수 있는 유리한 조건에 서는 것으로 판단된다.

이러한 여건을 고려할 때, 국내선사들이 중고선 매입 등의 방식이 아닌 해외, 특히 일본선사 등과 같이 신조선 도입 등을 통한 선대확충을 더욱 장려할 필요가 있다.

현존선보다 신조선 건조를 통해 환경규제에 더욱 능동적으로 대처할 수 있을 것이며 이를 통해 선사의 경쟁력 확보 및 선순환 구조를 통한 추가 선박 건조 등의 국내산업의 시너지 확보가 가능할 것이다.

제6장 결론 및 정책제언

제1절 요약 및 결론

최근의 해운산업의 경쟁력과 직결된 친환경선박의 개념은 연료유의 사용량을 저감하여 에너지사용량을 줄이는 다양한 형태의 고도의 에너지효율 선박에 초점이 맞추어져 있다. 2008년부터 시작된 IMO 온실가스 논의는 2012년 7월에 개최된 IMO 해양환경보호위원회(MEPC)에서 2013년 1월 1일 이후에 건조되는 선박에 대한 선박에너지효율설계지수(EEDI)의 개념과 적용이 강제화되면서 친환경기술이 조명을 받게 되었다. 특히, 컨테이너선박을 대상으로 점점 더 대형화를 가속화시키고 비용절감을 위한 친환경선박의 도입은 해운산업의 생존전략이 되었다. 이러한 시대적 흐름에 맞추어 경쟁력을 갖춘 친환경선박을 많이 보유한 해운선사는 살아남고 M&A를 통해 선박운항의 전략적 제휴를 하고 얼라이언스를 통해 해운산업의 구조를 재개편하는 노력이 계속되고 있다. 특히, 우리나라의 경우, IMF 이후 선박의 많은 용선을 통해 해운업을 하다 보니 금융 부담으로 친환경선박에 대한 경쟁력확보에 어려움을 겪게 되었고 현재 한진해운 사태와 같이 우리나라 해운산업의 충격적인 결과를 낳게 되는 요인이 되었다고 사료된다.

따라서 해운산업의 경쟁력강화에 있어서 친환경선박의 도입확대와 친환경기술의 적용확대는 선택이 아닌 필수이며 국가 기간산업인 해운산업의 부흥과 미래를 대비하여 우리나라 선박의 친환경기술의 적용확대는 필수 불가결하게 산업계, 정부, 관련기관에서 관련법의 제정을 비롯하여 총체적으로 적극적으로 추진해야 최우선 정책으로 해운산업의 최고경영자가 이해하고 실효성이 있는 금융지원정책을 포함한 범 정부정책이 수립되어 산업을 육성하고 지원하는 체계가 확립되어야 한다.

친환경선박에 대한 해운기업의 관심이 고조되면서 2010년대 이후에 가장

큰 변화가 2012년 7월에 채택된 IMO 협약의 발효와 함께 선박대형화 정책과 친환경기술이 적용된 선박의 건조이다. 이에 발맞추어 머스크라인과 같은 글로벌 기업은 경기 침체에 따른 해운시장의 불황에도 불구하고 지속적으로 대형 컨테이너선의 발주와 함께 친환경선박을 보유하기 위하여 친환경선박 확보 정책을 수립하고 시장에서의 경쟁력을 높여왔다. 이때 가장 주요했던 정책이 바로 덴마크 해사청(DMA)의 친환경선박 추진정책과 우리나라 정부의 금융지원정책이었다.

최근에 이러한 상황과 해운시황을 고려하여 지속적으로 친환경선박에 대한 입법의 필요성을 제기해왔던 것을 바탕으로 친환경선박의 개발과 촉진에 관한 법률이 의원입법으로 발의하게 되었다. 좀 더 빠른 정책적인 판단과 지원이 있었더라면 더 해운시장 상황에 적극적으로 대처하여 우리나라 해운기업에 엄청난 도움이 될 수 있었다고 판단된다. 이제라도 지금까지 친환경선박에 대한 수차례의 언급과 더불어 추진되고 있는 것에 대해 다행스럽게 생각한다.

친환경선박에 대한 법률의 제정은 육상의 친환경자동차 개발 및 육성과 촉진에 관한 법률에서 착안하여 지금까지의 친환경기술에 관한 IMO의 국제협약을 반영하고 보다 실질적인 R&D의 성과창출과 이에 따른 실제 적용사례를 통하여 발전시켜나가야 한다. 또한 2013년 이후에 건조된 선박과 이전에 건조된 선박의 친환경기술 적용 차이점을 고려하고 노후선박에 대한 시장에서의 퇴출에 대비하여 대체 건조할 수 있는 정책이 마련되어야 한다.

중국의 노후선박 폐선에 따른 금융지원 정책에 대한 분석과 실질적으로 우리나라의 금융지원 정책이 구체적으로 법안에 언급될 필요가 있다. 지금까지 선언적인 지원법의 형태로는 금융의 문제는 해결할 수가 없기 때문에 해운기업의 최고경영자와 정부와 금융정책 당국의 합의에 의한 금융지원 방향, 원칙 및 금융규모 등을 구체적으로 법조문에 언급하여 강력한 구속력을 바탕으로 한 입법이 되어야 한다.

제2절 정책제언

1. 친환경기술 적용확대 정부정책 수립

1) 선박지원 대책 및 기술 R&D 투자확대

이 연구를 통하여 얻는 친환경기술에 대한 분류와 실제 적용에 대한 실태조사 결과를 해당부처에서 활용하여 중·소형선박에 권고하는 정책을 시행할 필요가 있다. 또한 연구결과를 바탕으로 작성된 친환경기술에 대한 투자 R&D 여력이 없는 중·소형선사와 연안지역을 운항하는 선박에 적용될 수 있도록 친환경선박과 기술적용 확대에 인식의 변화와 관심을 유도하는 홍보정책수립이 필요하다.

환경보호차원과 경제적 운항측면에서 친환경기술을 적용하는 선박에 인센티브 제도 도입이나 포상 등을 통한 친환경기술 적용지원 확대정책을 추진하여 중·소형선사에도 친환경선박으로의 패러다임 전환을 추진할 수 있도록 정부지원책을 강화할 필요가 있다.

현재 진행되고 있는 많은 R&D에 대한 중·장기 발전계획을 파리의정서가 발효되는 2020년을 대비하여 제6장에서 언급한 친환경기술 목표와 기본방향을 고려하고 IMO 온실가스 감축에 관한 데이터수집과 모니터링에 초점을 맞추어 R&D 계획을 수정 및 보완하여 시행할 필요가 있다. 특히 한국 연안해역의 특성에 최적화된 친환경기술을 선박에 적용할 수 있도록 선택적 기술개발 R&D에 예산을 집중하는 정책을 수립할 필요가 있다.

또한, 법안 발의에 따른 정부 정책적 지원과 재원의 소요 규모 등의 구체적 연구를 통한 경제적 효과분석에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

2) 고효율 친환경선박 관리능력 배양

제2장에서 정의한 친환경선박의 정의 및 기술 분류에 따라 해운산업의 경쟁력 확보를 위하여 친환경선박의 도입과 더불어 중요한 경쟁력은 첨단 친환경기술이 적용된 선박을 효율적으로 관리하고 운영하는 것이 될 것이다.

선박에너지효율설계지수(EEDI)의 계산식에 따르면 친환경기술의 가장 큰 역

할을 하는 것이 선박의 속도이다. 그러나 EEDI 값을 만족시키기 위해서 의도적으로 속도를 낮추는 것을 바람직하지 못하며 영구적인 대안이 될 수 없다.

대양항해에 있어서 선박의 저속운전은 감항성(Seaworthiness)에 영향을 미치기 때문에 안전상의 문제가 발생될 우려가 있으므로 최소안전속도에 대한 해운회사의 방침을 정할 필요가 있으며 반드시 규정을 이행하도록 선박에 요청하여야 한다. 친환경선박에 적용된 친환경기술의 효율적 관리에 관한 사항은 정부에서 승인하는 에너지효율관리계획서(SEEMP)에 반영하고 지속적으로 개선하여야 한다.

현재 국내 연안해운의 경우에 있어서 점차 늘어나는 외국인 선원들의 친환경기술에 대한 운용관리 능력을 향상시킬 수 있도록 친환경기술이 적용된 선박에 승선하는 선원에 대하여 선원의 교육·훈련기관을 통하여 체계적으로 교육을 받을 수 있도록 제도적 뒷받침이 필요하다. 필요시 친환경선박에 대한 인증교육을 실시하고 자격증을 부여하는 것도 방안이 될 수 있다. 현재 해수부에 추진하고 있는 참선원 프로젝트의 일환으로 고용 시에도 매칭 펀드형태로 정부에서 지원할 수 있는 제도와 대책을 마련할 필요가 있다.

3) 국제표준화 촉진과 품질관리

친환경선박과 관련된 국제협약의 이행과 기술개발의 척도가 되는 것이 국제표준화가 될 것이다. 정부에서 추진하고 있는 많은 R&D의 성과창출을 위해서라도 개발된 친환경기술이 IMO나 ISO의 표준이 된다면 관련 산업을 주도할 수 있는 여건이 마련되었다고 볼 수 있다. 친환경기술의 국제표준화와 관련하여서 친환경기술의 인증평가, 표준화 절차의 적합성, 친환경 추진동력원 설계 및 선박배치에 대한 표준화가 필요하다. 또한 이중 연료엔진, LNG 추진선과 부품, 가스공급 장치시스템 구성 및 융복합 에너지원의 선박 적용 평가 등 다양한 국제표준화를 선도하기 위한 각국의 노력이 있으므로 우리나라도 국제표준화를 적극적으로 추진하기 위한 R&D 정책과 더불어 국제표준화 로드맵이 필요하다고 하겠다.

정부에서 추진하고 있는 대형 R&D의 경우 특허와 함께 국제표준화를 위한 IMO에 어젠다 개발 제출의 과정을 통해 상용화하기 위한 전략을 수립할 필요

가 있다. 또한 친환경기술 개발에 관한 기자재 업체 및 조선소별 시스템엔지니어링 기술, 시험방법, 절차에 관한 표준을 IMO 및 국제표준화(ISO TC8)에 표준제언을 하고 관련전문가의 표준화 활동 참여를 통하여 표준제정이 이루어질 수 있도록 정부의 관련 R&D에 반영하는 정책추진이 필요하다. 정부 R&D에 성과창출을 위하여 국제표준화 추진과 상용화 및 사업화 추진을 지속적으로 한다면 해당 R&D의 성과평가와 품질관리에도 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

2. 해운기업의 친환경기술 정책 추진

1) 연료의 품질관리와 저감장치의 효과성 검증

현존선박에 대한 친환경기술의 가장 중요한 사항이 선박 연료유의 사용량을 저감하는 것이다. 연료유의 품질관리에서 있어서는 해운회사뿐만 아니라 연료유를 생산하는 정유회사에서 고품질의 연료유를 생산하는 것이 중요하므로 해운회사와 정유회사 간의 연료유 품질에 대한 논의가 있어야 한다. 특히, 황산화물(SOx) 기준을 만족시키는 고품질의 저유황유 연료유를 다량 공급하기 위한 기술개발도 고려하여야 하며 선박에서는 개발된 연료유 저감장치를 설치한 후에 효과성에 대한 검증도 필요하다.

2) 해운회사의 자체 R&D투자 확대

절대적으로 부족한 해운회사의 친환경기술 적용 R&E 인력과 투자자금을 확보하기 위한 정책수립이 필요하다. 이를 시행하기 위한 방안으로 친환경기술로 식별되어 인증된 기술적용이나 장치에 대한 비용을 장기 저금리로 지원해주는 내용에 관한 법조문을 친환경선박 개발 및 보급촉진법에 제정할 필요가 있다.

해운기업에서는 친환경기술 R&D 투자 방향 및 효과성에 대한 지속적인 R&D 투자와 함께 전문 인력을 양성하고 글로벌 기업의 친환경기술 정책 수립과 R&D를 벤치마킹하여 해운기업의 생존 경쟁력을 확보하기 위한 친환경기술 적용, 개발, 모니터링을 위한 해운기업차원의 부서를 신설하여 품질관리를 적극적으로 추진해 나갈 필요가 있다.

기술 분석결과(BAT)로 도출된 운항측면의 친환경기술 활용과 더불어 실태 조사를 통해 획득한 친환경기술의 분류와 현재 적용되고 있는 기술과 향후 적용될 수 있는 기술을 식별하고 선박에너지효율계획서(SEEMP)에 도전적 계획을 수립하여 시행할 필요가 있다.

또한, 친환경기술이 적용된 선박에서 가장 효과적으로 선박을 운영하기 위한 노력이 에너지효율관리계획서(SEEMP)를 통한 효율적 관리일 것이다. 에너지절감장치를 비롯한 총체적인 해당 선박의 에너지효율관리 정책에 따라 본선에서 이러한 정책과 지침이 이행될 수 있도록 특히, 관리자의 능력배양이 중요하고 이에 대한 의식고취가 무엇보다도 중요하므로 이에 대한 이행여부를 점검하는 회사방침을 수립하고 시행할 필요가 있다. 이는 또한 항만국 통제(PSC)에 대비한 조치에도 도움이 될 것으로 판단된다.

3) 친환경기술 적용선박에 적합한 교육역량 강화

친환경기술이 적용된 선박의 경우에 이를 운영하는 선원의 능력 또한 매우 중요함으로 해양계 대학을 비롯한 관련학과에서 친환경기술에 관한 학과목을 개설하고 한국해양수산연수원에서는 이와 관련된 선원의 교육·훈련 프로그램을 개발하여 실시할 필요가 있다.

친환경기술의 적용된 고효율 에너지절감장치에 대한 운용인력(선원)의 운영 능력은 필수적인 사항으로 회사방침, 매뉴얼 등에 기록하여 관리할 수 있도록 경영방침과 친환경선박 관리 매뉴얼을 제정하여 선박에서 운영할 수 있도록 정 부차원에서 교육·훈련기관을 통하여 실시할 수 있도록 권고할 필요가 있다.

최근 협약의 제·개정사항에 대한 교육뿐만 아니라 실질적인 선박운항 시뮬레이션을 통해서 경제적 최적항로의 도출, 날씨를 고려한 운항, 에너지효율을 높이기 위한 프로펠러 및 엔진튜닝에 이르기까지 다양한 친환경기술에 대한 교육을 실시하여 지속적으로 선박에너지효율관리가 이루어 질 수 있도록 교육과 평가 제도를 도입할 필요가 있다.

선박의 안전을 최우선으로 하고 해양환경에 대한 보호측면에 인식도가 우선 제고되어야 한다. 그러나 육상에서 선박의 경제적 운항을 지속적으로 주문하고

있고 연료소모량을 줄이기 위한 다각도의 노력과 이행을 선박에 지속적으로 요청하고 있다. 따라서 선박의 경제운항에 대한 선원의 교육·훈련은 지속적으로 강화될 필요가 있다. 보다 효율적으로 선박의 경제적 운항을 위해서는 ISM에서 요구하는 책임과 권한을 명확히 하여 선장과 기관장뿐만 아니라 친환경선박의 경제적 운용을 위한 업무분장을 하여 시스템적으로 관리하도록 ISM이나 회사의 매뉴얼에 지정하여 숙지시키도록 할 필요가 있다.

최근 e-Navigation을 비롯한 선박의 장비는 고도화 및 첨단화되어 가고 있다. 또한, 이를 활용한 다양한 모니터링도 가능하고 육상에서 많은 정보를 활용해 선박의 상태를 실시간 파악하고 있다. 이러한 모니터링시스템과 선박의 온실가스 데이터 수집시스템의 구축을 통해 선박의 에너지사용량과 효율적인 운항을 파악하게 된다. 이를 운영하는 선원의 경우, 최첨단 기술의 활용능력과 선원의 고령화로 선박의 운영에 어려움을 겪고 있다. 선박의 최적항로의 운항과 항로 설정을 육상에서도 지원을 하겠지만 최종 결정과 운항을 하는 현장 선원들의 자질에 영향을 받을 수 있으므로 선장과 고급사관에 대한 친환경기술 적용시스템의 운영과 최적화 운용을 위한 지속적인 교육·훈련이 필요하다.

3. 친환경기술 보급 확대 및 지원을 위한 입법 추진

1) 친환경기술과 해운산업경쟁력에 대한 이해도 증진

친환경기술과 관련된 IMO 국제협약의 이행과 더불어 친환경기술에 대한 해운회사의 최고경영자의 이행도가 증진되어야만 경제적 이득을 고려한 투자가 진행될 것으로 판단되므로 해운회사 CEO 포럼 등을 통해 지속적으로 친환경기술에 대한 최신동향과 경제적 비용효과분석을 통한 결과를 전달할 필요가 있다. 현행 IMO 국제협약의 일부 친환경기술 적용과 관련된 내용이 ISM에 포함된 사항이 있으나 종합적인 친환경기술 적용확대 정책의 내용을 친환경선박 개발 및 촉진법에 포함시켜서 ISM 심사 시에도 자발적으로 관련내용에 대한 점검과 지속적인 컨설팅이 이루어지도록 제도권 내에 포함시킬 필요가 있다.

2) 조기폐선제도 도입을 통한 해운산업의 경쟁력확보

노후선박을 선박을 많이 보유하고 있는 해운선사는 결국 친환경선박의 확보 경쟁에서 뒤처지고 친환경기술의 적용을 위한 비용투자에 있어서도 비교열위에 놓이게 된다. 노후선박은 친환경선박 확보경쟁에서 제외되므로 선박의 매매 시장에서도 퇴출될 것이 예측됨으로 경쟁력을 잃게 되어 해운회사의 운영에 직접적으로 영향을 미치게 된다.

특히, 매매시장에 헐값으로 내놓고 매매 거래도 이루어지기 힘든 상황에 처하게 될 것으로 예상됨에 따라 폐선을 고려하여야 할 것이다. 이러한 시장상황에서 구조적으로 취약한 한국의 경우 정부차원에서 중국의 조기폐선제도를 도입한 사례를 분석하여 정부에서 한국의 해운회사가 대체선박을 건조할 수 있도록 금융지원을 하여 폐선 시기를 앞당기는 정책을 추진할 필요가 있다.

이는 현재 유동성 위기에 처한 조선 산업에 신조선박을 발주하는 효과가 있어 조선 산업의 유지에 도움을 줄 수 있으며 해운회사로써 친환경선박을 확보하는 계기가 되므로 해운시장에서의 경쟁력확보에 도움이 될 것으로 판단된다.

다만, 친환경선박 개발 및 촉진법의 법률에 금융지원에 대한 내용을 구체적으로 조기폐선제도 운영위원회를 두고 고위급 정부 관계자, 업계 최고경영자, 관련 전문가, 고위급 금융당국자 등이 포함된 결정기구를 두도록 하여 금융지원에 대한 구체적인 내용이 법조문으로 제정될 필요가 있다.

참 고 문 헌

〈국내 문헌〉

- 강남선 · 이범석 · 김상용 · 이정진 · 윤현규, “MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지 효율 포탈 시스템 개념 설계”, 제22권 제1호, 한국해양환경안전학회지, 2016.02.
- 국립환경과학원, 「국내 연근해 선박에 의한 대기오염물질 및 온실가스 배출계수 개발과 배출」
- 국립환경과학원, “온실가스 배출량 더 정확하게... 검증수준 높이는 지침 개발”, 국립환경과학원 보도자료, 2015.07.
- 국무조정실 · 미래창조과학부 · 기획재정부 · 외교부 · 농림축산식품부 · 산업통상자원부 · 환경부 · 국토교통부 · 해양수산부, 「국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵」, 2014.01.
- 김대순, 「국제법론」, 삼영사, 2011.
- 김석현, 「국제법상 국가책임」, 삼영사, 2007.
- 김임순, 「저탄소 녹색성장(기후변화를 중심으로)」, 북스힐, 2009.
- 노동운, “유엔 기후변화협약에 의한 자발적 기여(INDC) 종합보고서의 주요 내용 및 시사점”, 에너지경제연구원, 제15-41호, 세계 에너지시장 인사이트, 2015.11.
- 박태주, 「온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 I」, 한국환경정책 · 평가연구원, 제17-254호, 2009.12.
- 박명섭, 「녹색무역의 이해」, 성균관대학교 출판부, 2012.
- 부품소재혁신연구회, “선박에너지효율등급 도입에 따른 친환경-고효율 조선 요소부품 경쟁력 제고 전략”, 2012.02.
- 삼성방재연구소, 「탄소경영」, 2013.
- 산업자원부 · 에너지경제연구원, 「기후변화협약과 교토의정서」
- 산업자원부, “온실가스 배출통계 작성 및 운영방안에 관한 연구”, 에너지경제연구원, 1999.

- 신상철 · 김용건, “기후변화 대응을 위한 탄소세 대응방안”, 「녹색성장연구」, 환경정책평가 연구원, 2010.11.
- 양동수 · 이말희, “온실가스 배출량 적합성평가 및 외부사업 검증업무 고도화”, 환경부 기후 변화대응과, 2016.02.
- 온실가스종합정보센터, 「2015 국가 온실가스 인벤토리 보고서」, 2015.12.
- 외교통상부, “2008 기후변화협상 바로알기”, 2008.07.
- 원동규, “파리협정 주요내용과 전력부문 이슈”, 「KEMRI 전력경제 REVIEW Special Report」, 2016년 제2호, 2016.01.
- 유재훈 · 정연승, “일본 조선산업, 성장을 꿈꾸지 않는다”, NH투자증권, 2015.05.
- 윤창인, “기후변화 대응조치와 국제무역규범 연계에 대한 논의 동향”, 대외경제정책연구원, 2008.12.
- 이기상, 「국제해사기구(IMO)의 선박 온실가스 배출규제 국제 동향」, 국토해양부 해사기술 과, 2019.03.
- 이윤관 · 양종서, 「중국 조선산업 및 국내 중소조선산업 경쟁력 현황」, 한국수출입은행 해외 경제연구소, 2014.12.
- 이호무 · 박한선, “신기후변화체제 대비 국가포지셔닝을 위한 전략 연구”, 에너지경제연구원, 2013.12.
- 이윤철 · 두현욱, “선박기인 온실가스 배출에 대한 IMO의 규제와 이행방향”, 「해사법연구」, 제35권 제5호, 한국항해항만학회지, 2011.04.
- 이윤철 · 박한선, “선박기인 온실가스 배출규제에 관한 국제법적 연구”, 「해사법연구」, 제23 권 제2호, 한국해사법학회, 2011.07.
- 임재규 · 박근수, 「기후변화협약 제3차 국가보고서 작성을 위한 기반구축연구(제1차년도)-에너지부문 온실가스 감축정책 효과분석을 위한 연산일반균형모형의 개발 및 시험 분석-」, 2004.12.
- 전은경 · 이상은 · 김봉주, 「조선산업의 현황과 정책 과제」, 국회입법조사처, 제57호, NARSG 현안보고서, 2009.12.
- 전재천, “온실가스 감축 노력에 따른 ‘노후 선박 교체 수요’ 기대는 시기 상조”, 대신증권, Daishin Note & Comment, 2010.03.

- 최상진 · 박성규 · 장영기 · 이희관 · 황의현 · 봉춘근, “선박부문 온실가스 배출량 산정에 관한 연구”, 제28권 제6호, 대한교통학회지, 2010.12.
- 최원기, 「파리협정(Paris Agreement) 후속협상: 최근 동향과 전망」, 국립외교원 외교안보연구소, 2016.06.
- 한국해양수산개발원, 「녹색해운 전망과 대응전략」, 2010.
- 한삼인 · 강홍균, 「초국경 환경피해와 국가책임」, 제주대학교, 2009.08.
- 해양수산부, 「해운 분야 녹색성장 기반구축 연구」, 2010.
- 해양수산부, 「환경관리해역 기본계획 및 해역별 관리계획 수립 연구」, 2012.
- 해양수산부, “해수부, 연안해운 온실가스 배출규제 대응 박차”, 해양수산부 보도자료, 2015.03.
- 환경부, 「환경피해의 국제법상 책임에 관한 연구」, 2017.06.
- KR, “0.10% 연료유 황 함유량 규제(0.10% Sulphur Requirement)”, No.2015 -IMO-01, 2015.03.

〈국외 문헌〉

- Birnie P. W. & Boyle A. E., *International Law and The Environment*, 2th ed., Oxford University Press, 2002.
- Boer Y. D., *A guidebook on preparing technology transfer projects for financing*, UNFCCC, 2006.
- DNV 2010, Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030
- DNV · GL, Maritime Energy Management Study 2015, 2015.08.
- European Commission, *Science for Environment Policy, Thematic Issue: Ship recycling : reducing human and environmental impacts*, 2016.06
- Fathom, *Operating in Emission Control Areas: The Guide*, 2015.
- Hapag-Lloyd, *Up to 27% reduction in CO₂ emissions: Hapag-Lloyd a trail - blazer for the new EEDI(Press Release)*, 2012.02.
- IFOK GmbH, *The Mobility and Fuels Strategy of the German Government (MFS)*, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, 2013.06.
- IMO GHG Update Study 2014, IMO, 2014.
- Jan Schuber, *The German Shipping sector and the implementation of Liquefied Natural Gas as fuel for ships*, Hertie School of Governance, 2014.
- MEPC 60/4/36, Annex 2, “Summary Table of Case Study on EEDI improvement”, IMO, 2010.
- MEPC 65/4/3, Annex 2, “Draft 2013 Guidance on treatment of innovative Energy Efficiency Technologies for calculation and verification of the attained EEDI”, IMO, 2013.
- MEPC 65/22/Add.1, Annex 19, “Terms of Reference for the Update of the 2009 IMO Study of GHG Emissions Estimate for international ship - ping”, IMO, 2013.
- MEPC 70/5/8, “Establishment of an information portal for energy efficiency technologies for ships”, IMO, 2016.
- MEPC 70/INF.14, “EEDI database – Review of status of technological development (Regulation 21.6 of MARPOL Annex VI)”, IMO, 2016.

- MERCHANT MARINE CIRCULAR MMC-298, “Economic Incentives for Panamanian Vessels”, Panama Maritime Authority, 2015.
- Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries, *Maritime Opportunities-Blue Growth for a Green Future*, 2015.
- Philippe Sands, Jacqueline Peel, Adriana Fabra and Ruth MacKenzie, *Principles of International Environment Law*, 3rd ed., Cambridge University Press, 2012.
- Philippe, G., *International tribunal for the law of the sea*, Marinus Nijhoff, 2005.
- Robert F. Mulligan, Western Calina University / Gary Lombardo, United States *Merchant Marine Academy, Short Sea Shipping: Alleviating the Environmental Impact of Economic Growth*
- Young-Tae Chang, Younghoon Roh, Hyosoo Park, “Assessing noxious gases of vessel operations in a potential Emission Control Area”, *Transportation Research Part D* 28, 91-97, 2014.

〈인터넷 자료〉

- 〈http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php〉
- 〈<http://www.gir.go.kr/home/board/read.do?boardId=3&boardMasterId=1&menuId=16>〉
- 〈<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Republic%20of%20Korea/1/INDC%20Submission%20by%20the%20Republic%20of%20Korea%20on%20June%2030.pdf>〉
- 〈<https://www.gov.uk/>〉
- 〈<http://www.haesainfo.com/news/articleView.html?idxno=19057>〉
- 〈<http://glomeep.imo.org/resources/energy-efficiency-technologies-information-portal/>〉
- 〈www.sse.net.cn〉
- 〈<http://www.idomin.com/?mod=news&act=articleView&idxno=518279>〉
- 〈http://www4.safmarine.com/globalfile/?path=/pdf/environmental_brochure〉
- 〈www.ntis.go.kr〉
- 〈<http://www.shipbuilding.or.kr/Technical/Ship/DSME0909/DSME0909.html>〉

- 〈http://www.shi.samsung.co.kr/Kor/pr/talk_view.aspx?Seq=6&mac=301953c0a39d0f9b78fbf43ac9731dc2〉
- 〈<http://www.pbcbf.jp/>〉
- 〈<http://www.ubergizmo.com/2008/06/hyundai-thrust-fin/>〉
- 〈<http://www.maerskline.com/>〉
- 〈<http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0923594770>〉
- 〈http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/01/27/2016012701025.html〉
- 〈<http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=73693>〉
- 〈<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2118848&cid=42107&categoryId=42107>〉
- 〈<http://climateactiontracker.org/countries/southkorea.html>〉
- 〈<http://www.alfalaval.com/media/news/2016/continuous-rd-yields-major-size-reduction-in-the-puresox-u-design/>〉
- 〈www.compass.or.kr〉
- 〈<http://www.komec.kr/Board.asp?menucode=0403010000&mode=2&no=4108&page=311>〉
- 〈<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=290&boardMasterId=39&boardCategoryId=55&boardId=177337>〉
- 〈http://www.kpiclub.or.kr/board/bbs/board.php?bo_table=News_03&wr_id=211&sca=&sfl=wr_subject&stx=MRV&sop=or〉

우리나라 선박의 친환경기술 적용 확대방안

2016年 12月 29日 印刷

2016年 12月 31日 發行

편집겸
발행인 양 창 호

발행처 한국해양수산개발원
부산광역시 영도구 해양로301번길 26

전 화 051-797-4800 FAX : 051-797-4810

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄/ 효민디앤피 051-807-5100

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터 Tel : 02-394-0337

정가 15,000원