

IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구

A Study on Policy Directions for Responding
IMO's Regulation on GHG Emission

박한선 • 김보람 • 박상원 • 정인희

2020. 12.



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자 |

박한선, 김보람, 박상원, 정인회

연구진 |

연구책임자 박한선 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 연구위원
공동연구원 김보람 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 연구원
공동연구원 박상원 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 연구원
공동연구원 정인회 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 위촉연구원

연구기간 |

2020. 1. 1. ~ 2020. 10. 31.

보고서 집필내역 |

연구책임자 |

박한선 연구총괄, 제1장, 제4장 제2절, 제5장

내부연구진 |

김보람 제3장 제1절, 제2절 일부, 제3절, 제4장 제1절
박상원 제2장 제2절~제3절, 제4절 일부
정인회 제2장 제1절, 제4절 일부, 제3장 제2절 일부

산·학·연·정 연구자문위원 |

박형영 해양수산부 해사산업기술과 사무관
이향숙 인천대학교 중국학술원 교수
이건우 한양대학교 교통·물류공학과 교수

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

역사적으로 인간이 환경에 대해서 그 중요성을 가장 늦게 인지하는 분야가 대기이며, 환경법이 잘 갖추어진 미국의 경우만 보더라도 대기 관련 법이 1967년에 들어서야 제정되었을 만큼 대기오염에 관한 관심이 그리 오래되지 않았습나다.

대기오염에 따른 지구온난화가 가속화되면서 생태계뿐만 아니라 인간에 미치는 영향을 더 이상 무시할 수 없는 수준이 되고 있습니다. 그에 따라 국제사회는 자연과 인간이 공존할 수 있는 방법을 검토하여 대기환경을 보호하기 위한 노력에 집중하고 있습니다. 국제해사기구 IMO는 1991년 선박 대기오염 방지를 위한 결의안을 채택한 이후, 지속적으로 선박으로부터 배출되는 황산화물, 질소산화물, 온실가스 등의 대기오염물질 배출을 감축하기 위해 노력하고 있습니다. 그것의 일환으로 IMO는 제72차 해양환경보호위원회(MEPC)에서 국제해운의 온실가스 감축을 위한 초기전략을 채택하였고, 이것은 국제해운이 대기질 개선을 위해 한 걸음 더 나아간 결과물이라고 생각합니다. 초기전략은 단기, 중기, 장기별로 고려해야 하는 온실가스 감축 조치들을 포함하고 있으며, 회원국들은 시기별 조치에 대해 논의하여 동의된 조치를 규제로 채택하게 될 것입니다.

이와 같은 과정은 해양환경을 보호하기 위해서는 우리 해운업계와

조선업계의 적지 않은 노력이 요구됩니다. 그럼에도 불구하고 물자 이동을 통한 국익을 선도하는 해운업계 입장에서 해양환경 보호를 위한 규제 준수는 업계의 부담이 아닐 수 없습니다. 그렇기 때문에 정부와 업계는 이 시점에서 국제해운의 온실가스 배출 저감에 대한 국제적 흐름과 규제 논의에 대해 인지하고 대응방향에 대해 합의할 필요가 있을 것입니다.

IMO의 온실가스에 대한 논의는 온실가스 단기 시점이 종료되고 온실가스 감축 초기전략이 개정되는 2023년까지 더욱 활발해지고 심화될 것으로 생각됩니다. 본 연구는 온실가스 감축에 대해 IMO에서 논의되고 있는 접근방법에 대해 세부적인 의제문서들을 모두 검토하고 IMO 및 온실가스 전문가들을 대상으로 접근방법에 대한 우선순위를 식별하였습니다. 이를 토대로 온실가스 감축 규제를 대응하기 위한 정책방향을 제시하였습니다. 본 연구가 그와 같은 흐름에 맞추어 우리나라의 국제 온실가스 규제에 대응하기 위한 정책방향을 수립하는 데 참고가 될 수 있을 것으로 생각합니다.

정부와 해운업계뿐만 아니라 국민의 안위를 위한 온실가스 배출 감축 및 대기환경 보호를 위한 노력에 본 연구가 많은 도움이 되기를 바랍니다. 감사합니다.

2020년 12월
한국해양수산개발원
원장 장 영 태

목차

요 약	i
-----	---

Executive Summary	ix
-------------------	----

제 1장 서론	1
---------	---

제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구의 목적	6
제3절 연구의 범위 및 방법론	7
1. 연구의 범위 및 내용	7
2. 연구 방법론	9
제4절 선행연구 검토	10

제 2장 IMO 선박 온실가스 감축조치 현황 분석	15
-----------------------------	----

제1절 IMO 선박 온실가스 감축 초기전략 분석	16
1. IMO 온실가스 감축 초기전략 수립경위	16
2. IMO 선박온실가스 배출량 분석연구	23
3. 에너지효율 규제	24
4. IMO 선박 온실가스 감축 초기전략	27
제2절 국외 선박 온실가스 감축 대응현황	33
1. 정책동향	33
2. 친환경선박 개발 동향	40
제3절 국내 선박 온실가스 감축 대응현황	48
1. 제2차 기후변화대응 기본계획	48
2. 2030 온실가스 감축 로드맵	51
3. IMO 선박 온실가스 배출규제 대응 중장기 로드맵 수립	52
제4절 분석결과 및 시사점	57
1. 선진화된 합의의 실천적 이행을 위한 제도 마련	57

2. 강화되는 현존선 에너지효율 규제의 영향 최소화	57
3. 향만과 선박과 연계한 온실가스 저감 전략 수립	58
4. 해운분야 온실가스 로드맵 준비	58

제 3장 선박 온실가스 감축 조치 및 영향분석 59

제1절 선박 온실가스 감축 접근방법별 조치 분석	59
1. 에너지효율 개선	63
2. 신규 규제 개발	79
3. 향만 개발활동	90
4. 연구지원 및 인센티브	93
5. 지침 또는 메커니즘 개발	97
제2절 선박 온실가스 감축 조치의 영향분석	102
1. 규제 영향분석 절차	103
2. 주요 분석방법	110
3. 기타 고려요소	126
제3절 분석결과 및 시사점	128

제 4장 IMO 선박 온실가스 감축 규제 대응방안 131

제1절 선박 온실가스 감축 규제 정책방향	131
1. 우선순위 설정방법	131
2. 우선순위 설정 결과	135
제2절 선박 온실가스 감축규제 대응정책	156
1. 목표 및 정책방향	156
2. 세부 정책과제	164

제 5장 결론 및 정책제언 173

제1절 요약 및 결론	173
제2절 정책제언	177
1. IMO 온실가스 감축조치별 우선순위를 정부계획에 반영	181
2. 친환경선박 기술개발 및 실증 플랫폼으로 관공선 적극 활용	183
3. 정부 주도의 친환경선박 新시장 창출	184

4. 친환경선박 핵심기술 개발 범부처 예타(R&D) 추진	186
5. 친환경선박 국제기술협력사업(IR&D) 개발 및 참여	187
6. 친환경선박 기술 국제표준화 부처 공동협력 추진	188
7. 친환경선박 표준화협력 국제클러스터 추진	191

참고문헌	193
-------------	------------

부 록	201
------------	------------

표목차

〈표 1-1〉 해상운송과 국제해운의 배출량, 2012-2018	4
〈표 1-2〉 IMO 감축조치별 접근방법 분류	5
〈표 1-3〉 주요 선행연구와 본 연구와의 차별성	14
〈표 2-1〉 MDGs와 SDGs 비교	18
〈표 2-2〉 UN 및 IMO의 기후변화 논의 과정	18
〈표 2-3〉 IMO 전략방향	20
〈표 2-4〉 파리협정에서의 IMO 권한	22
〈표 2-5〉 온실가스 감축 위한 고려사항	24
〈표 2-6〉 선박 온실가스 저감, 에너지효율 개선 논의 경과	26
〈표 2-7〉 초기전략 목차	27
〈표 2-8〉 초기전략의 비전 및 감축 의욕수준	29
〈표 2-9〉 초기전략 적용원칙	30
〈표 2-10〉 시기별 조치 후보군	31
〈표 2-11〉 독일의 친환경선박 개발 프로젝트	44
〈표 2-12〉 기후변화 4대 분야 중점 기술개발	50
〈표 3-1〉 단기·중기·장기별 제안된 후보조치	60
〈표 3-2〉 그리스가 제안한 3단계 수행과정	69
〈표 3-3〉 선속 규정을 위한 단계적 조치	82
〈표 3-4〉 선종 및 크기별 최대운항속도(-10%) 예시	83
〈표 3-5〉 선속에 대한 기술적 설명	84
〈표 3-6〉 초기 영향평가의 내용 및 고려사항	105
〈표 3-7〉 영향평가를 위한 분석도구	106
〈표 3-8〉 「행정규제기본법」 및 동법 시행령의 규제영향분석 조항	107
〈표 3-9〉 해상운송비용 결정인자	113
〈표 3-10〉 영향평가 고려사항의 성격	126
〈표 4-1〉 평가기준의 정의	133
〈표 4-2〉 전체 설문조사 결과에 따른 항목별 가중치	135
〈표 4-3〉 효율성 기준 항목별 가중치	137
〈표 4-4〉 효과성 기준 항목별 가중치	139
〈표 4-5〉 시행가능성 기준 항목별 가중치	140

〈표 4-6〉 정책적 수용성 기준 항목별 가중치	142
〈표 4-7〉 평가 기준별 비중	143
〈표 4-8〉 평가 기준별 우선순위 비교	144
〈표 4-9〉 산업계 설문결과에 따른 가중치	146
〈표 4-10〉 학계 설문결과에 따른 가중치	148
〈표 4-11〉 연구계 설문결과에 따른 가중치	150
〈표 4-12〉 정부 관계자 대상 설문결과에 따른 가중치	153
〈표 4-13〉 설문대상자 업계별 우선순위 비교	155
〈표 5-1〉 전체 14가지 접근방법에 대한 우선순위표	181

그림 목차

〈그림 1-1〉 IMO 선박기인 온실가스 감축 시기별 달성 목표 및 조치	6
〈그림 1-2〉 연구절차도	10
〈그림 1-3〉 국제해운의 이산화탄소(CO ₂) 배출 추정 모델 체제	11
〈그림 2-1〉 UN 지속가능개발목표	17
〈그림 2-2〉 IMO 전략계획의 TDCs	19
〈그림 2-3〉 IMO GHG Study 보고서	23
〈그림 2-4〉 선박 에너지효율 향상 방법	25
〈그림 2-5〉 운항 효율 개선을 위한 요건	26
〈그림 2-6〉 IMO 초기전략 단계별 목표	29
〈그림 2-7〉 초기전략 후속활동 로드맵	33
〈그림 2-8〉 영국 선박연료 정책	35
〈그림 2-9〉 Climate action plan 2050 부문별 목표	37
〈그림 2-10〉 기술 평가 적용 선박의 종류	40
〈그림 2-11〉 JOULES 프로젝트의 온실가스 감소 목표	41
〈그림 2-12〉 11개 선종의 주요감축 방안과 감축 잠재량	41
〈그림 2-13〉 영국 수소추진 선박 개발	42
〈그림 2-14〉 New York Hornblower Hybrid	45
〈그림 2-15〉 수소 연료 전지 테스트 선박	46
〈그림 2-16〉 일본 전기추진 선박	47
〈그림 2-17〉 제2차 기후변화대응 기본계획 비전 및 목표	49
〈그림 2-18〉 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 감축 경로	52
〈그림 2-19〉 온실가스 감축 추진체계(안)	53
〈그림 2-20〉 IMO GHG 주요의제 선도 및 대응 체계 구축 로드맵	54
〈그림 2-21〉 GHG 감축 혁신기술개발 및 체계구축 로드맵	55
〈그림 2-22〉 국내정책추진 (정책/법/제도 개선 등) 로드맵	56
〈그림 3-1〉 저효율 현존선의 개선방법	64
〈그림 3-2〉 모든 선박에 대한 동일한 목표 설정시 필요한 추가적 조치	65
〈그림 3-3〉 EEDI 단계 및 허용값과 감축 계수의 개념	67
〈그림 3-4〉 목표기반의 접근을 위한 대응물로서 EEDI 기준선 사용	73
〈그림 3-5〉 EEDI와 새로운 목표기반의 조치를 통해 필요함 감축량	74

〈그림 3-6〉 속도 한계 목표에 대한 예시	85
〈그림 3-7〉 WtW, WtT, TtW의 개념	87
〈그림 3-8〉 LNG 추진선의 WtW, WtT, TtW 개념	88
〈그림 3-9〉 초저배출 설계 개념에 대한 향후 접근	95
〈그림 3-10〉 온실가스 감축을 위해 제안조치의 영향평가 개념도	103
〈그림 3-11〉 해양수산부 규제영향분석서	109
〈그림 3-12〉 비용효과분석 절차	111
〈그림 3-13〉 해상운송비용 계산식	114
〈그림 3-14〉 중력모델 계산식	115
〈그림 3-15〉 무역흐름모델 계산식	115
〈그림 3-16〉 GDP 영향 계산식	117
〈그림 3-17〉 온실가스 배출량 계산식	119
〈그림 3-18〉 비용효과지수 산식	119
〈그림 3-19〉 한계저감비용 계산식	120
〈그림 3-20〉 온실가스 감축전략 수립 절차	120
〈그림 3-21〉 한계저감비용 그래프	121
〈그림 3-22〉 2020년 온실가스 한계저감비용	123
〈그림 3-23〉 2030년 세계 선대 평균 온실가스 저감 비용	123
〈그림 3-24〉 2030년 통합 한계저감비용곡선	124
〈그림 3-25〉 2030년 국제 해운 부문 온실가스 한계 비용	124
〈그림 3-26〉 연구의 차이점	125
〈그림 4-1〉 GHG 감축 조치의 우선순위 도출을 위한 계층 구조	132
〈그림 4-2〉 쌍대비교 방식	134
〈그림 4-3〉 온실가스 감축 접근방법 우선순위(전체 설문결과)	136
〈그림 4-4〉 효율성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위	138
〈그림 4-5〉 효과성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위	139
〈그림 4-6〉 시행가능성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위	141
〈그림 4-7〉 정책적 수용성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위	143
〈그림 4-8〉 산업계 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위	147
〈그림 4-9〉 학계 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위	149
〈그림 4-10〉 연구계 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위	151
〈그림 4-11〉 정부 관계자 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위	154
〈그림 4-12〉 IMO의 대기오염물질관련 규제 연도별 내용	156
〈그림 4-13〉 미래 친환경선박 기반의 스마트해상물류 체계도	159

〈그림 4-14〉 친환경선박법의 기본계획(안) 초안 및 방향	160
〈그림 4-15〉 친환경선박 기본계획에 따른 생산유발효과	162
〈그림 4-16〉 친환경선박 기본계획에 따른 부가가치 유발효과	162
〈그림 4-17〉 친환경선박 기본계획에 따른 취업 유발효과	163
〈그림 4-18〉 친환경선박 핵심기술 연구개발(R&D) 초안설계	165
〈그림 4-19〉 제4차 IMO GHG Study 컨소시엄	166
〈그림 4-20〉 2018-2030 국제해운의 연료의 공급전망	167
〈그림 4-21〉 무탄소 연료 추진선박 및 인프라	168
〈그림 4-22〉 LNG 연료 추진시스템 개발(안)	169
〈그림 4-23〉 혼소 연료추진 시스템 개발(안)	170
〈그림 4-24〉 엔진 하이브리드 추진시스템 개발(안)	171
〈그림 4-25〉 이산화탄소(CO ₂) 포집 및 발전기자재	172
〈그림 5-1〉 일본 무탄소 선박개발 로드맵	180
〈그림 5-2〉 대체연료 추진시스템의 기술적용에 따른 온실가스 배출량 감소	183
〈그림 5-3〉 신기술 적용 선박실증 및 상용화	184
〈그림 5-4〉 친환경선박 新시장 창출 산업 연관 및 투자체계도	185
〈그림 5-5〉 친환경선박 기술개발사업(R&D) 범부처 계획(안) 초안설계	187
〈그림 5-6〉 국제해사연구개발위원회(IMRB)	188
〈그림 5-7〉 국제표준화 활동과 관계부처	190
〈그림 5-8〉 IMO 의제개발 및 국제표준화 절차도	190
〈그림 5-9〉 ISO 의제개발 및 국제표준화 절차도	191
〈그림 5-10〉 글로벌 산업 동맹 프레임 워크	192

약어 목록

※ 알파벳 순

AER(연간에너지효율): Annual Efficiency Ratio

AHP(계층화분석법): Analytic Hierarchy Process

CBDR(공통의 차별적 책임 원칙): Common But Differentiated Responsibilities

CEA(비용효과분석): Cost Effectiveness Analysis

CEI(비용효과지수): Cost Effectiveness Index

CESA(유럽조선소협회): Community of European Shipyards' Association

CII(탄소집약지표): Carbon Intensity Indicator

CSC(청정해운연합): Clean Shipping Coalition

DCS(데이터수집시스템): Data Collecting System

EEDI(에너지효율설계지수): Energy Efficiency Design Index for new ships

EEOI(운항에너지효율지수): Energy Efficiency Operational Indicator

EESH(에너지·환경·안전·건강): Energy Efficiency per Service Hour

EIAPPC(국제대기오염방지증서): Engine International Air Pollution Prevention Certificate

EU(유럽연합): Europe Union

EUROMOT(유럽국제연소기관제조협회): The European Association of Internal Combustion Engine Manufacturers

FAEC(연간 선대 배출상한제): Fleet's Annual Emission Cap

GDP(국내총생산): Gross Domestic Product

GISIS(국제해운통합정보시스템): Global Integrated States Information System

GSMMP(해양오염에 대한 국제연구 및 모니터링): Global Studies and Monitoring of Marine Pollution

HLAP(상위수준행동계획): High level action plan

ICAO(국제민간항공기구): International Civil Aviation Organization

ICS(국제해운회의소): International Chamber of Shipping

IEE(국제에너지효율증서): International Energy Efficiency

IMO(국제해사기구): International Maritime Organization

IMRB(국제해사연구개발위원회의): International Maritime Research and Development Board

ISM Code(국제안전경영규약): International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention

ISPI(개별선박성능지표): Individual Ship Performance Indicator

ISWG-GHG(온실가스 회기간 작업반 회의): Inter-Sessional Working Group -Greenhouse Gas

KPI(핵심성과지표): Key Performance Indicator

LCA(전주기 평가): Life Cycle Assessment

LNG(액화천연가스): Liquefied Natural Gas

MACC(한계저감비용곡선): Marginal Abatement Cost Curves

MARPOL(선박으로부터 해양오염 방지를 위한 국제협약): International Convention for the Prevention of Marine Pollution from ships

MDGs(밀레니엄개발목표): Millennium Development Goals

MEPC(해양환경보호위원회): Maritime Environment Protection Committee

NAP(국가행동계획): National Action Plan

NMFT(비차별원칙): No more Favorable Treatment

SBSTA(과학기술자문부속기구): Subsidiary body for scientific and technology advice

SD(전략방향): Strategic Directions

SDGs(지속가능개발목표): Sustainable Development Goals

SEEMP(선박에너지효율관리계획): Ship Energy Management Plan

SGMF(해양연료가스협회): Society for Gas as a Marine Fuel Ltd.,

SMS(선박 안전관리체계): Safety Management System

SP(전략계획): Strategic Plan

TDCs(동향·개발·도전과제): Trends, Development and Challenges

UNFCCC(유엔기후변화협약): United Nations Framework Convention on
Climate Change

VOCs(휘발성 유기화합물): Volatile Organic Compounds

요약

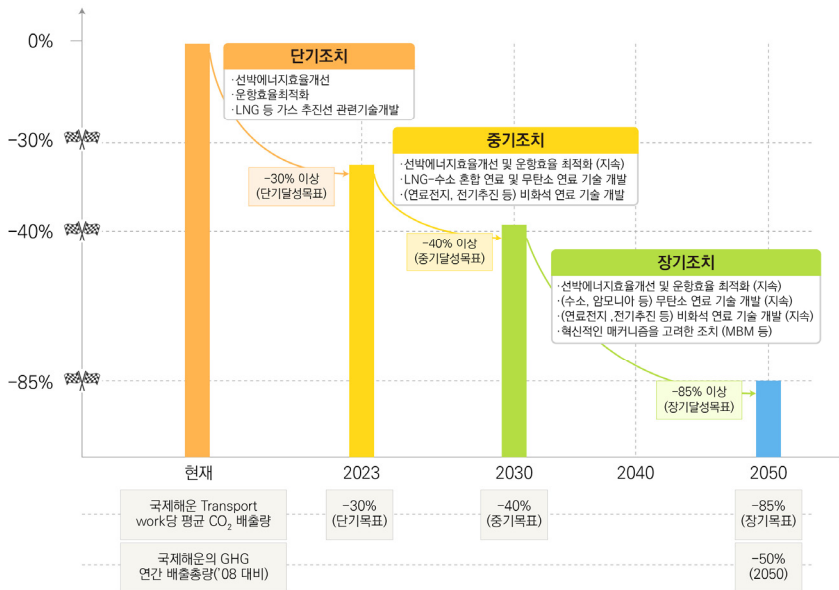
IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구

1. 연구의 목적

- ▶ 2018년 IMO가 채택한 온실가스 감축 초기전략에 따라 온실가스 감축을 위한 14가지 접근방법을 분석하여 우리나라의 미래 온실가스 감축 정책방향 수립 및 전략적 대비
 - 2018년에 채택된 IMO 선박 온실가스 감축 초기전략은 2030년의 국제해운 운송작업량(Transport work)당 CO₂이 2008년 대비 40% 감축되어야 함
 - 우리나라는 단기, 중기, 장기별 조치에 대한 대응 로드맵을 수립하였으나, 실질적으로 감축 조치를 이행하기 위한 방향설정은 구체적이지 않음
- ▶ IMO 온실가스 감축목표와 규제 시행에 따른 우리나라의 온실가스 감축 정책방향 및 시행방법에 관한 우선순위 도출

- 기술, 정책, 연구 등 조치의 특성에 따라 분류된 접근방법에 대해 중요도와 시급성을 정량화하여 우선적으로 대응해야 할 조치를 판단할 필요가 있음
- 온실가스 감축을 위한 국내 정책은 우선순위에 근거하여 고려해야 할 사항과 방향설정에 참고가 될 수 있음

〈그림 1〉 IMO 선박기인 온실가스 감축 시기별 달성 목표 및 조치



자료: 해양수산부(2019), p. 224를 참고하여 저자 재작성

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구의 방법

- ▶ 국내외 문헌조사 및 IMO 의제문서를 바탕으로 14가지 온실가스 감축 접근방법의 우선순위 도출을 위해 계층화분석법(AHP)을 수행함

- 14가지 접근방법에 대해 모두 정량적, 정성적 평가를 수행하는 것은 연구특성상 한계가 있어 전문가 설문조사 방식의 방법을 선정함
- 계층 구조는 ‘국제해운 온실가스 감축 정책 수립’이라는 목표하에 4개의 평가기준과 14가지 접근방법을 계층으로 만들고, 평가기준은 쌍대비교, 14가지의 접근방법은 절대비교를 진행하여 가중치를 도출함

〈그림 2〉 GHG 감축 조치의 우선순위 도출을 위한 계층 구조



자료: 저자 작성

- 효율성은 효과를 얻기 위한 노력의 정도를 고려하는 반면, 효과성은 노력보다는 정책을 시행할 때 설정한 목표를 얼마나 달성했는지 정책 결과에 더 초점을 둔다는 점에서 효율성과 효과성의 차이가 있음
- 시행가능성은 필요성에 따른 하향식 정책 수립 방식이고, 정책적 수용성은 수요를 중심을 두고 상향식 정책 수립 방식이라는 점에서 시행가능성과 정책적 수용성의 차이가 있음

〈표 1〉 평가기준의 정의

효율성 (Efficiency)	가치 있는 성과를 달성하기 위해 필요한 노력의 정도 (투입 대비 산출 비율)
효과성 (Effectiveness)	정책 목표의 달성 정도 (환경오염에 대한 감축 목표 달성 여부)
시행가능성 (Enforceability)	정책의 정당성 (정책 목표 달성을 위한 강제적 시행가능성 여부)
정책적 수용성 (Political acceptability)	정책적 지지 정도 (조치가 정책으로 개발될 가능성)

자료: 신용광 외(2005), p. 44 바탕으로 저자 작성

2) 연구의 특징

- ▶ 본 연구에서는 회원국들이 온실가스 감축을 위해 제안한 조치들을 바탕으로 분류한 14가지 접근방법을 범위로 한정하여 접근법 분석 및 우선순위를 도출함
- ▶ 선박 온실가스 감축 조치의 채택 및 규제 시행을 위해 필요한 조치의 국가별 영향평가에 대한 개념 제시와 정량적 영향평가 방법에 대해 종류별 분석을 수행함
 - IMO에서는 규제의 시행에 의해 영향을 받을 수 있는 군소도서국가 및 저개발도상국의 입장을 고려하기 위해 처음으로 국가별 영향평가 절차를 수립함
 - 정량적 영향평가를 위한 해상운송비용모델(Maritime Transport Costs Models), 무역흐름모델(Trade Flow Models), 국내총생산(GDP) 영향(Impact Gross Domestic Product)과 같은 비용효과분석 도구(Cost-Effectiveness Analysis)의 장단점을 분석함

3. 연구결과

1) 연구결과 요약

- ▶ 우리나라는 해외 정책을 참고하여 강화되는 현존선 에너지효율 규제
제의 영향을 최소화하고 선진화된 합의의 실천적 이행을 위한 제도를 마련할 수 있어야 함
 - 우리나라 국적선이 선진국에 비해 노후선이 많은 것을 고려한다면,
국내 해운업계의 피해가 예상되므로 현존선 규제 강화조치에 대응
하기 위해 도입가능한 기술적 수단을 자체적으로 평가해야 함
 - 온실가스 감축 초기전략의 비전과 적용원칙에 상응하는 국내 기후
변화 정책 수립과 실천적 이행을 위한 제도 마련이 필요함
- ▶ 14가지 접근방법은 소수의 선진국들이 주도하였으며, 영향평가 고
려요소와 정량적 영향평가 방법이 통일되지 않아 국내 여건에 비교
하여 유리한 조치 판별이 쉽지 않으므로 영향평가 표준화가 필요함
 - 14가지 접근방법은 상위 기술적(직접적) 조치와 하위 정책적(간접
적) 조치로 구분될 수 있으며, 일부 유럽 및 아시아 국가와 비정부
기구들이 제안한 내용으로 논의가 시작됨
 - 회원국들이 합의한 온실가스 감축조치의 국가별 영향평가 절차에
는 고려요소와 영향평가를 위한 방법이 혼재되어 있고 구체적이지
않아 영향평가 결과를 제출하는 국가별로 평가 수준이 상이함
 - 우리나라는 규제에 따른 국내 영향 정도를 판단할 수 있는 정량적
영향평가 분석 도구와 같은 해운분야에 특화된 분석방법이 부재함
 - 우리나라의 행정법상 규제영향평가 제도가 마련되어 있기 때문에

이를 토대로 해운분야의 규제 영향평가 절차 및 분석방법 체계를 마련하는 것이 필요함

- ▶ IMO 및 온실가스 전문가들을 대상으로 AHP를 수행한 결과, 기술적 조치와 업계 지원적 조치의 중요도가 높은 것으로 도출됨
 - 대안의 항목 개수가 14개인 관계로 항목당 평균 가중치가 약 0.071로서 차이가 크지 않은 한계점이 있지만, 상위의 조치는 SEEMP 기반의 현존선 에너지효율 향상, EEDI 기반 현존선 에너지 효율 향상, 선두주자 인센티브 제도로서 기술적 조치와 그에 따라 업계를 지원할 수 있는 방안이었음
 - 우선순위상 하위의 조치는 메탄슬립 감축 규제, 항만개발활동 장려, 휘발성 유기화합물 감축 규제로서, CO₂ 이외의 추가적인 규제 물질 선정에 대해서는 상대적으로 공감받지 못함

〈표 2〉 전체 설문조사 결과에 따른 항목별 가중치

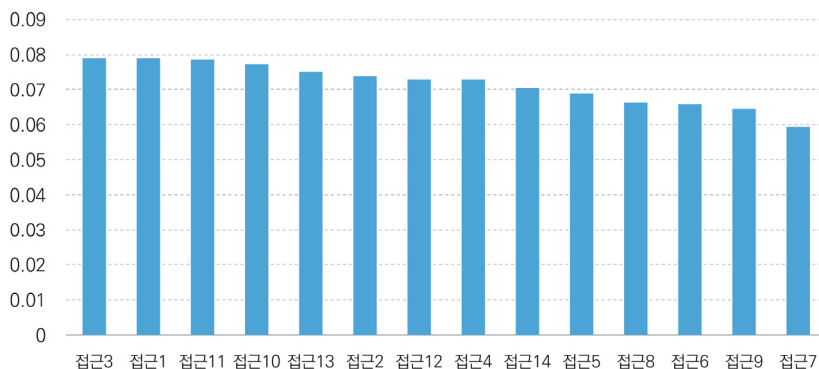
온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.078757	7.88%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.073537	7.35%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.078771	7.88%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.072299	7.23%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.068458	6.85%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.0654	6.54%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.058459	5.85%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.06637	6.64%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.064529	6.45%

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.07733	7.73%
접근방법 11	선두주자 인센티브 제도	0.078172	7.82%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.072715	7.27%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.074976	7.50%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.070225	7.02%
합 계		1	100

자료: 저자 작성

〈그림 3〉 온실가스 감축 접근방법 우선순위(전체 설문결과)

온실가스 감축 접근방법 종합 우선순위



자료: 저자 작성

2) 정책대안 제시내용 및 정책화 활동

- ▶ 친환경선박 핵심기술을 개발하기 위한 R&D를 수행하여 상용화전략 및 국제표준화 선도전략을 마련하는 것이 필요함
 - 육상뿐만 아니라 해상의 선박에 대한 저탄소 및 무탄소 연료 적용하여 무탄소 연료 추진선박과 공급 인프라 구축 정책이 필요함

- 산업계 의견을 반영한 신기술 개발에 초점을 맞추어 실증과 상용화까지의 생태계 조성과 국제표준화 선도 전략이 구상되어야 함
- ▶ 국제협약 및 주요 지침의 근거가 되는 국제기술협력사업과 공동추진 연구에 기여할 수 있는 역량 강화를 통해 적극적으로 개입하는 것이 필요함
- 2020년 발간된 IMO의 제4차 GHG Study에 이어 향후 진행될 제5차 IMO GHG Study에 대해 연구위원으로서 컨소시엄에 참여할 기술적, 연구적 역량 보강이 요구됨

3) 정책적 기여 등 기대효과

- ▶ 「친환경선박법」에 따른 5년 단위의 국가 기본계획 및 보급계획의 친환경선박 기술개발 및 적용을 위한 인프라 구축 과제 포함
 - 기본계획 및 보급계획을 기반으로 범부처 예비타당성 조사 및 R&D를 추진하여 친환경선박 기술개발-건조-보급 과정의 원스톱 일괄서비스가 가능한 협력정책이 필요함
 - 관공선을 비롯한 민간선 대상 신기술 개발 및 적용을 위한 사업화는 정부의 지원 투자와 민간기업의 협력을 통해 선박 실증 및 연구 사업화가 가능함
- ▶ 친환경선박에 대한 국제기술협력사업(IR&D) 개발 및 참여가 가능하며, 부처 공동협력을 통해 친환경선박 기술 국제표준화 주도
 - IMO 제75차에서 논의된 국제해사연구개발위원회(IMRB) 설립이 진행된다면 향후 우리나라의 연구계가 기술개발에 참여하고 결과물을 적극 활용하여 표준화를 주도할 수 있음

A Study on Policy Directions for Responding IMO's Regulation on GHG Emission

Han-seon Park · Bo-ram Kim · Sang-won Park · In-hoe Jung

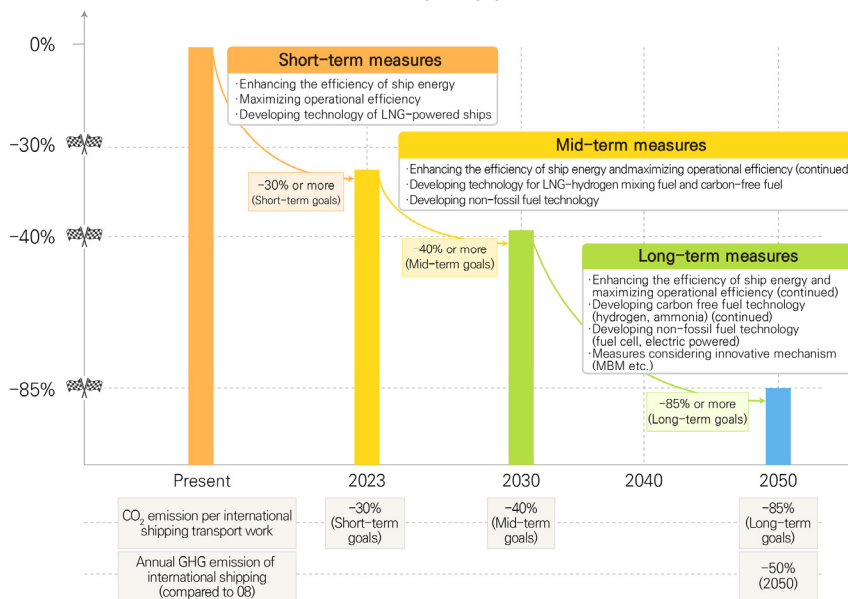
1. Purpose

- ▶ This study aims to establish Korea's future policy directions for the reduction of greenhouse gas (GHG) emission and provide strategic responses by analyzing 14 approaches for reducing GHG emission in accordance with the Initial Strategy on Reduction of GHG Emission from Ships adopted by IMO in 2018.
 - The initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emission from Ships adopted in 2018 stipulated that CO₂ pertransport work by international shipping should be reduced 40% compared to 2008 by 2030.
 - While Korea established a roadmap to deal with short-, mid- and long-term measures, there has been no specific direction for practically implementing reduction measures.
- ▶ This study prioritized Korea's policy directions for GHG emission reduction and their implementation approaches in accordance with the IMO's GHG emission reduction goal and

the implementation of related regulation

- It is required to figure out which measures Korea should first respond to, by quantifying the importance and urgency of the approaches classified by the nature of the measures such as technology, policy and research.
- Korea's domestic policy for GHG emission reduction could be used as a reference for identifying considerations based on the priorities as well as setting directions.

〈Picture 1〉 IMO's goals and measures for the reduction
GHG from ships by period



Source: Prepared by KMI by utilizing MOF data (2019) as reference

2. Methodology and Feature

1) Methodology

- ▶ This study carried out the Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to set the priority of the 14 GHG emission reduction approaches based on overseas and domestic literature review and the IMO Agenda Paper.
- Since there were limitations in the nature of this study to conduct the quantitative and qualitative evaluation on all these 14 approaches, a form of expert survey was selected.
- The hierarchy structure consisted of 4 evaluation criteria and 14 approaches for the purpose of ‘establishing the policy for the reduction of GHG emission from international shipping’, and the evaluation criteria provided the pairwise comparison and the 14 approaches provided the absolute comparison to draw the weight.

〈Picture 2〉 Hierarchy Structure to Set the Priority of GHG Reduction Measures



Source: Prepared by the author.

- While efficiency includes considerations on the degree of efforts to obtain certain effects, effectiveness focuses on the outcome of the policy on how far you achieved the goal set up when the policy was implemented, rather than efforts.
- While enforceability is a top-down policy-making method based on necessity, policy acceptability is a bottom-up policy-making method based on demand.

〈Table 1〉 Definition of evaluation criteria

Efficiency	Degree of efforts required to achieve a valuable goal (Ratio of output to input)
Effectiveness	How much a policy goal has been achieved (whether or not a reduction goal has been achieved against environmental pollution)
Enforceability	Legitimacy of a policy (Whether or not compulsory enforcement is available to achieve a policy goal)
Political acceptability	Degree of garnering policy support (Possibility of a measure to be developed as a policy)

Source: Prepared by the author based on Y.K. Shin et al. (2005) p.44

2) Feature

- ▶ This study conducted an approach analysis and set the priority within the range of the 14 approaches classified by measures base on which member states had suggested to reduce GHG emission.
- ▶ It presented the concept of national impact assessment on actions needed to adopt the measures for reducing GHG emission from ships and implementing regulation and carried out analyses by

types on the quantitative impact assessment methods.

- The IMO established the national assessment procedures for the first time in order to consider the positions of small islands states and underdeveloped nations who are likely to be affected the implementation of regulation.
- This study analyzed the advantages and disadvantages of the Cost-Effectiveness Analysis such as Maritime Transport Costs Models, Trade Flow Models, GDP and Impact Gross Domestic Product.

3. Results

1) Summary

- ▶ Korea should be able to minimize the effect of the Energy Efficiency Regulation on Existing Ships which is getting stricter with reference to overseas policies and to prepare a system to practically implement the advanced agreement.
- Given that a lot of Korean national flag carriers are decrepit compared to those of advanced countries, the domestic shipping industry is expected to suffer. Therefore, it is required to conduct a self-assessment on introducible technical means in order to deal with stricter regulations on existing ships.
- It is required to establish a domestic climate change policy corresponding to the vision of the Initial Strategy on Reduction of GHG Emission from Ships and its application principles, and to prepare a system for the practical implementation of such

policy.

- ▶ The 14 approaches have been led by a few advanced countries, and there needs the standardization of impact assessment methods since it is difficult to distinct which ones are favorable in relative to domestic conditions due to the lack of unity in quantitative impact assessment methods.
- These 14 approaches could be divided into upper technical (direct) measures and lower policy (indirect) measures, and discussions on them began based on what some European and Asian countries and NOGs suggested.
- As the national impact assessment procedures of the GHS reduction measures agreed by member states include both considerations and impact assessment methods and is not specific, their assessment levels vary depending on countries that submit their impact assessment result.
- In Korea, there is no analysis method specialized for the shipping industry, including a quantitative impact assessment analysis tool to determine the extent of domestic impact in accordance with regulation.
- Since there is a regulation impact assessment system under Korean administrative laws, it is required to prepare a regulation impact assessment procedure and analysis method for the shipping industry accordingly.
- ▶ As a result of the AHP for the IMO and GHG experts, it is shown that technical measures and industrial supportive measures are highly important.

- There is no significant difference as the average weight per item is about 0.071 with 14 alternative items. However, the upper measures include the SEEMP-based Energy Efficiency Improvement on Existing Ships, the EEDI-based Energy Efficiency Improvement on Existing Ships, technical measures as the incentive system for leading players and plans to support the industry accordingly.
- The lower priority measures include the regulation on methane slip reduction, the promotion of port development activities and the regulation on volatile organic compound reduction, gaining relatively less sympathy for the selection of additional restricted substances other than CO₂.

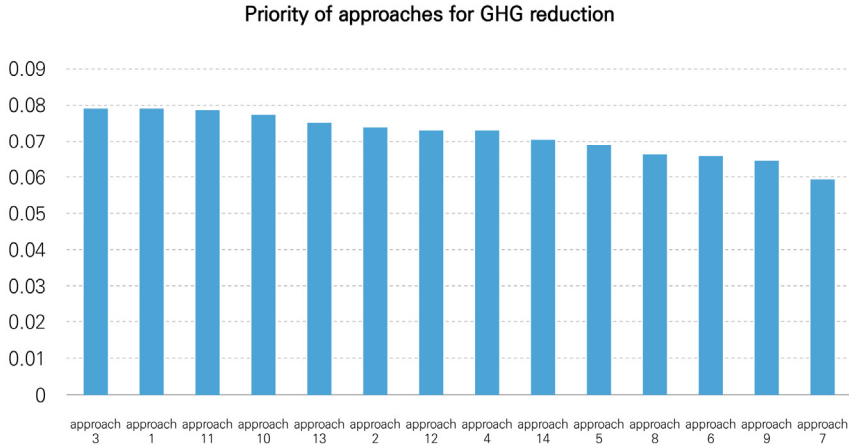
〈Table 2〉 Weight by items according to the results of all surveys

GHG Reduction Approach		Weight	Percentage
Approach 1	EEDI-based Energy Efficiency Improvement on Existing Ships	0.078757	7.88%
Approach 2	EEDI Additional Development	0.073537	7.35%
Approach 3	SEEMP-based Energy Efficiency Improvement on Existing Ships	0.078771	7.88%
Approach 4	Development of Energy Efficiency Operational Indicator	0.072299	7.23%
Approach 5	Regulation on Optimal Speed and Deceleration	0.068458	6.85%
Approach 6	Regulation on Methane Slip Reduction	0.0654	6.54%
Approach 7	Regulation on Volatile Organic Compound Reduction	0.058459	5.85%
Approach 8	Development of National Action Plan	0.06637	6.64%

GHG Reduction Approach		Weight	Percentage
Approach 9	Promotion of Port Development Activity	0.064529	6.45%
Approach 10	Initiation and Support of Research & Development	0.07733	7.73%
Approach 11	Incentives for Leading Players	0.078172	7.82%
Approach 12	Instruction on GHG in Fuel Life Cycle/Carbon Intensity	0.072715	7.27%
Approach 13	Program to Vitalize Low-Carbon/Zero-Carbon Fuels	0.074976	7.50%
Approach 14	New/Innovative Emission Reduction Mechanism	0.070225	7.02%
Total			100

Source: Prepared by the author

〈Picture 3〉 Priority of approaches for GHG reduction
(Results of all surveys)



Source: Prepared by the author

2) Policy suggestions and relevant activities

- ▶ It is necessary to prepare a commercialization strategy and a strategy to lead international standardization by conducting R&D for developing the core technology of green ships.
 - It is required to provide a policy for building ships propelled by carbon free fuels and the infrastructure providing such fuels by applying low-and zero-carbon fuels not only to the land transportation but also ships on the sea.
 - It is important to create an ecosystem from demonstration to commercialization, focusing on the development of new technologies with the opinion of the industrial community reflected and to establish the strategy to lead international standardization.
- ▶ It is required to make proactive interventions through capacity building to contribute to international technology cooperation projects and joint researches which are a basis of international agreements and major directives.
 - Following the 4th IMO GHG Study published in 2020, it is required to enhance technical and research capacities to participate in the consortium as a researcher for the 5th IMO GHS Study to be conducted down the road.

3) Expected benefits including policy contribution

- ▶ The establishment of the infrastructure to develop and apply the technology of eco-friendly ships should be included under

the 5-year national basic plan and supply plan in accordance with the Eco-Friendly Ships Act.

- It is required to establish a cooperation policy which enables the one-stop integrated service consisting of the technology development-shipbuilding-supply processes for eco-friendly ships, by conducting the preliminary feasibility study and R&D across all ministries, based on the basic and supply plans.
- New technologies to be developed and applied to private ships as well as government ships could be commercialized through the government's investment and cooperation with private companies which allows for the demonstration and researches of ships.
- ▶ It is possible to develop and participate in the International R&D (IR&D) on eco-friendly ships and lead the standardization of the eco-friendly ship technologies through joint efforts of ministries and departments.
- If the International Maritime Research and Development Board (IMRB) discussed at the 75th IMO meeting is established, our research community would be able to participate in the technology development and utilize its results to lead standardization.

제 1 장

서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성

국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 'IMO'로 약칭함)는 선박에서 배출되는 온실가스 감축을 2030년에 2008년 대비 40% 감축, 특히, 2050년까지 온실가스 감축목표를 50%로 설정하였으며 이를 이행하기 위한 해운해사분야에 강력한 규제가 시작될 예정이다.¹⁾ 문제는 현존하는 저탄소 에너지효율기술로는 2030년 선박 온실가스 40% 감축목표를 달성하기 어렵다는 것이다²⁾. 지금까지 개발된 에너지효율저감 기술은 해양오염방지협약 부속서 6의 제4장(에너지효율)의 제21규칙에서 규정하여 2025년부터 강제 시행되는

1) IMO MEPC 74/18/Add.1, Report of the Marine Environment Protection Committee on its seventy-fourth session, MEPC 74/WP.9, Reduction of GHG Emissions from Ships, 2019년 5월 16일.

2) DNV-GL, Energy Transition outlook 2019 OIL and GAS, global and regional forecast to 2050.

제4단계³⁾ 달성이 어렵다고 판단되어 IMO는 감축목표를 재검토하고 있다. 또한 미래 전망되는 에너지 공급체계를 고려하더라도 새롭게 선박에 적용되는 친환경 연료유의 사용과 대체연료의 개발이 없으면 목표달성은 현실적으로 어렵다고 판단된다.⁴⁾ 따라서 2030 및 2050의 목표달성과 해양오염방지협약의 기준을 만족시키기 위해서 IMO 회원국은 단기 감축조치 및 중·장기 감축조치에 대한 대응방안 마련 연구를 통해 정부의 정책방향을 설정하고 해운해사 및 항만물류산업 분야에서 적절히 감축목표 달성에 대비할 수 있도록 온실가스 감축 대응계획을 수립할 필요가 있다. 이번 정부는 국정과제로 기후변화의 위험으로부터 안전한 사회를 구현하기 위하여 2020년까지 온실가스 배출전망 대비 상당한 수준의 온실가스 감축 실현이라는 목표를 세우고 이행하기 위하여 新기후체제에 대한 견실한 이행체제를 구축하고자 노력하고 있다. 이를 현장에서 실질적으로 이행하기 위해서는 기후적응 역량 제고를 바탕으로 사회 전반의 기후변화 적응을 위한 역량평가 및 점검체계를 구축할 필요가 있다.

최근 정부는 온실가스 국가 감축목표 달성을 위해 국내 상황에 특화된 온실가스 감축 잠재량 분석 및 배출량 인벤토리 기술개발사업을 시작하였으며 육상의 온실가스 감축 통합관리 방안을 고려하여 해상에서 선박 기인 온실가스 배출저감 정책을 수립하여 시행할 계획을 수립하고 있다. 특히 2019년 제정된 친환경선박법은 산업부와 해수부의 긴밀한 협력을 통하여 친환경선박 기본계획 및 보급계획을 수립하여 친환경선박에 대한 新시장창출을 통한 국가경제에 이바지하는

3) MARPOL Annex 6, Regulation 21, Required EEDI Table 1. Reduction factors (in percentage for the EEDI relative to the EEDI Reference line.

4) MEPC 74/18, Report of the Marine Environment Protection Committee on its seventy-fourth session, IMO, 2019년 7월 9일.

방안을 추진 중에 있다. IMO 환경규제가 지속적으로 강화되고 있으며 이를 기반으로 자율운항선박과 친환경선박과 같이 새로운 新해사산업이 창출되어 고용과 일자리를 마련할 수 있는 디지털뉴딜과 그린뉴딜 정책의 중심축으로써의 역할을 하고 있다고도 볼 수 있다. 미국이 탈퇴를 선언한 파리협정의 후속협상 등 범지구적 논의에 동참하면서 온실가스 감축에 일정 역할을 감당해야 하는 우리나라로서는 선제적 온실가스 감축 강화 정책으로 국제사회에서의 우리나라 역할을 감당해야 할 위치에 놓여있다고 할 수 있다.

국제해운 분야의 온실가스 감축에 관한 주도적 역할을 하는 IMO에서는 최근 제4차 온실가스 감축 잠정 보고서 요약본을 내면서 <표 1-1>에서와 같이 해상운송분야에서 배출되는 이산화탄소(CO₂) 배출량이 2012년 9억 6,100만 톤에서 2018년 10억 5,600만 톤으로 증가하였으며 이 기간 동안 전 세계 배출량의 2.76% ~ 2.89%를 차지하고 있다고 밝혔다. 특히 국제해운의 이산화탄소(CO₂) 배출량은 2012년 7억1백만 톤에서 2018년 7억 3,900만 톤으로 증가했지만 이 기간 동안 전 세계 배출량의 약 2%정도를 나타내고 있다.

2020년 9월에 발표한 DNV-GL 자료에 따르면 2020년 초 코로나 발생으로 에너지공급이 약8% 감소했다고 한다.⁵⁾ 현재 이 연구에서는 COVID-19의 영향에 따른 불확실성은 고려하지 않았지만 연구결과로 온실가스 배출량은 2008년 90%에서 2050년 110-150%로 증가할 것으로 예상하고 있다. 이와 관련하여 해상운송분야에 온실가스를 감축하기 위한 대비책으로 IMO는 2018년 'IMO 선박온실가스 감축 초기전략'을 채택하였다.

5) Energy Transition outlook 2020, DNV-GL.

〈표 1-1〉 해상운송과 국제해운의 배출량, 2012-2018

단위 : 백만톤

년도	전체	해운	%	국제해운	%
2012	34,793	961	2,76	701	2,01
2013	34,959	956	2,74	683	1,96
2014	35,224	963	2,74	681	1,93
2015	35,238	990	2,81	699	1,99
2016	35,379	1,026	2,90	726	2,05
2017	35,810	1,063	2,97	745	2,08
2018	36,572	1,056	2,89	739	2,02

자료: 제4차 IMO GHG Study 2020

IMO 초기전략에 따른 온실가스 감축은 단기(2018년~2023년), 중기(2020년~2030년), 장기(2030년 이후)로 분류되며 시기별 감축 조치가 확정되면 규제로서 효력을 가질 수 있도록 채택되었다. 또한 파리협정의 이행실적을 점검하는 이행에 맞추어 최종 전략을 2023년까지 논의하여 채택할 예정이다.

최근 국제사회의 강화되는 온실가스 감축 규제를 고려하고 우리나라의 해운·조선 산업을 고려할 때 온실가스 감축문제는 미세먼지 감축과 수출 기간산업 중심의 국내경제구조를 고려한 정책이 필요하다. 기후변화와 온실가스 감축에 대비할 필요가 있는 제조 및 서비스 산업을 육성하는 차원에서라도 IMO의 선박 배출 온실가스 감축 초기전략에 대한 면밀한 분석, 감축조치에 대한 초기 영향평가 및 평가 결과에 대한 분석을 통해 우리나라의 입장과 산업 환경을 고려한 정책방향을 정할 필요가 있다.

〈표 1-2〉 IMO 감축조치별 접근방법 분류

접근방법 1.	EEDI 프레임워크를 기반으로 하는 현존선 에너지효율 향상
접근방법 2	신조선의 EEDI 프레임워크 강화
접근방법 3.	SEEMP 프레임워크를 기반으로 하는 현존선 에너지효율 향상
접근방법 4.	적절한 운항에너지효율지수(EEXI) 식별
접근방법 5.	최적 속도 및 선박 감속규제 개발
접근방법 6.	메탄슬립 감축 규제 개발
접근방법 7.	휘발성 유기화합물(VOCs) 감축 규제 개발
접근방법 8.	국가행동계획(NAP) 개발 권장
접근방법 9.	선박 GHG 감축을 위한 항만 개발활동 장려
접근방법 10.	연구개발(R&D) 활동 착수 및 지원
접근방법 11.	First mover를 위한 인센티브제도 개발
접근방법 12.	모든 연료에 대한 전 과정 GHG/탄소 집약도 지침 개발
접근방법 13.	대체 저탄소/무탄소 연료 활성화를 위한 프로그램 마련
접근방법 14.	새롭고 혁신적인 감축 메커니즘

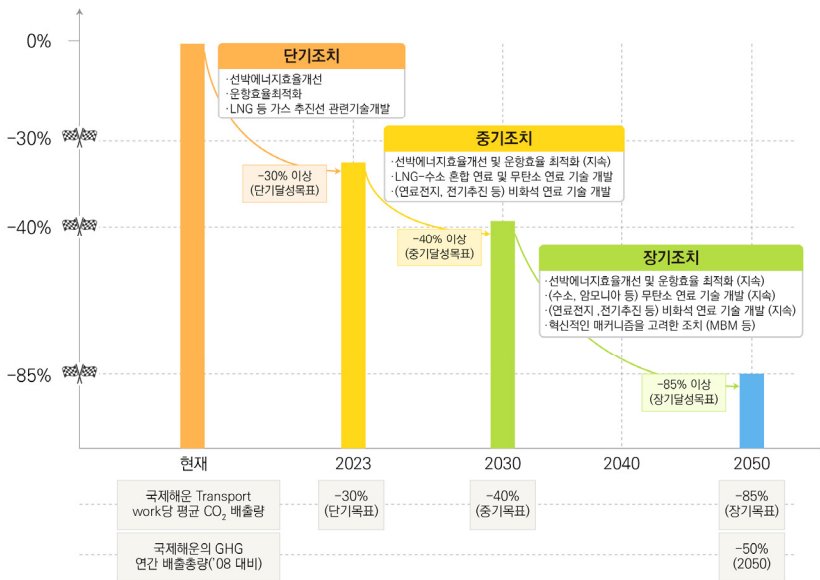
자료: 저자 작성

특히 국제해운분야에 온실가스 감축을 위한 국내기술 및 정책연구는 많지만, IMO 규제에 앞서 국내현황을 토대로 초기전략을 이행하기 위한 온실가스 감축 접근방법으로 고려되고 있는 〈표 1-2〉와 같이 14가지 방법에 대한 정책우선순위를 제시하기 위한 연구를 수행한 사례가 없는 실정이다. 향후 IMO는 2023년까지 최종 전략을 마련할 목표를 설정하였기에 이 연구결과를 기반으로 접근방법에 대한 정책 우선순위를 IMO에 제시하여 최종 전략에 반영할 수 있도록 할 필요가 있다. 또한 최종 전략상의 비전, 의욕수준, 적용원칙, 조치사항 등에 대한 우리나라 산업계 현황을 고려한 명확한 입장 정립이 필요하다. 이러한 시점에서 IMO 온실가스 감축 초기전략의 분석과 14개 접근방법에 대하여 분석하고 우선순위를 제시하여 산업계에서 효과적으로 IMO 규제에 대응할 수 있도록 정책 방향을 마련할 필요가 있다.

제2절 연구의 목적

2018년 IMO는 온실가스 감축 초기전략을 채택하여 단기, 중기, 장기 목표를 세우고 온실가스 감축을 위한 14가지 접근방법을 개발하였다. 초기전략과 접근방법을 분석하여 우리나라는 미래 온실가스 감축 정책방향을 수립하고 전략적으로 온실가스 규제에 대비할 필요가 있다. 또한 선도적으로 국제협약을 이행할 수 있는 기반을 마련하여 관련 기업의 기술지원 및 친환경선박을 도입할 수 있도록 정부 주도의 핵심기술 개발을 위한 대형 연구개발(R&D)사업을 추진하여 경쟁력 있는 해운·조선 산업 및 해사산업을 뒷받침하는 정책을 개발하여야 한다.

〈그림 1-1〉 IMO 선박기인 온실가스 감축 시기별 달성 목표 및 조치



자료 : 해양수산부(2019)를 참고하여 저자 재작성

〈그림 1-1〉에서 보듯이 2018년 채택된 IMO 선박온실가스 감축조로 2030년 2008년 대비 40%의 감축목표가 설정되었다. 이에 우리나라도 감축목표를 달성하기 위한 단기, 중기 및 장기조치를 마련하기 위한 로드맵을 2019년 수립하였으나 실질적으로 감축조치를 이행하는 14가지 접근방법을 고려한 정부정책 수립 및 방향설정은 구체적으로 제시하지 못하고 있다.

따라서 2020년 본 연구에서는 IMO의 온실가스 감축목표와 규제 시행에 따른 우리나라의 온실가스 감축 정책방향 및 시행방법에 관한 우선순위를 도출하여 제시하고자 한다. 또한 IMO 온실가스 감축 조치에 따른 규제에 대한 초기 영향분석 및 해운분야 온실가스 초기 영향평가를 위한 가이드라인을 정립할 필요가 있다. 특히 영향평가에 필요한 다양한 선박 온실가스 감축조치 모델의 장·단점을 분석하여 향후 우리나라 현실에 가장 적합한 모델을 정부정책에 반영될 수 있도록 제시하고자 한다.

제3절 연구의 범위 및 방법론

1. 연구의 범위 및 내용

본 연구에서는 2018년에 채택된 IMO 선박 온실가스 감축 초기전략에서 제시된 단기, 중기, 장기조치 중에 초기 영향평가를 위한 감축조치별 접근 방법에 대한 14가지의 접근법을 분석하여 우선순위를 도출하고 이를 기반으로 정부정책을 수립하기 위한 연구로 그 범위를 한정하여 연구를 수행하였다.

또한, 선박온실가스 감축조치에 관한 영향평가에 대한 개념의 제시와 영향평가를 위한 해상운송비용모델(Maritime Transport Costs Models), 무역흐름모델(Trade Flow Models), 국내총생산(GDP) 영향(Impact Gross Domestic Product)과 같은 비용효과분석 도구(Cost-Effectiveness Analysis)⁶⁾에 대한 장·단점을 분석하는 것으로 연구범위를 한정하였다.

본 연구의 내용은 5개의 장으로 구성되어 있고 제1장의 서론에 이어 제2장에서는 IMO 선박 온실가스 초기전략을 면밀히 분석하였다. IMO가 채택한 초기전략의 수립배경과 취지를 고려하여 우리나라 정부의 정책을 수립할 필요가 있다. 지금까지 4차례에 걸쳐서 연구를 수행한 IMO GHG Study의 주요내용을 분석하여 선박에너지 효율규제에 대한 대응정책 마련과 감축 시나리오에 대한 대응전략의 방향을 제시하고자 하였다. 또한 해외 주요국가에 대한 선박 온실가스 감축 대응현황을 살펴보고 국내 제2차 기후변화대응 기본계획과 국내 2030 온실가스 감축로드맵을 분석하여 미흡한 부분을 식별하고 시사점을 도출하였다.

제3장에서는 IMO 선박 온실가스 감축조치에 대한 14가지 접근방법에 대한 구체적인 분석을 실시하고 선박 온실가스 감축조치에 대한 영향분석 절차 및 주요 분석방법 분석하여 시사점을 도출하였다.

제4장에서는 14가지 접근방법에 대한 구체적인 분석결과를 바탕으로 선박 온실가스 감축 규제 정책방향을 제시하기 위한 설문조사 결과를 바탕으로 정책 우선순위를 도출하였으며 구체적인 온실가스 감축을 위한 정책방향을 제시하였다. 또한 향후 선박 온실가스 감축

6) IMO, ISWG-GHG 5/INF.3, consideration of concrete proposals for assessing the impacts on states, 2019.

규제에 대비하기 위한 국제적 대응정책 및 전략과 세부과제를 제안하였다. 끝으로 제5장에서는 결론과 향후 이번 연구결과를 바탕으로 우리나라에 가장 적합한 온실가스 감축 모델을 제시하고 향후 이 모델을 실증하는 추가연구를 제안하는 것으로 이 연구의 결론을 도출하였다.

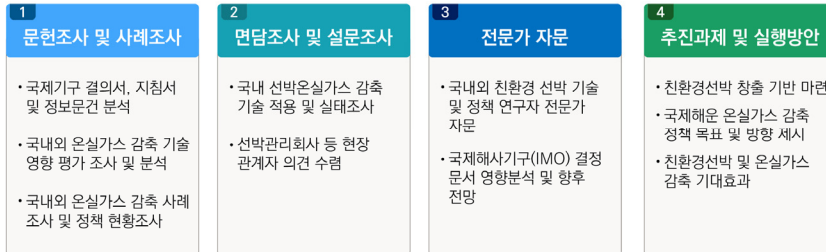
2. 연구 방법론

본 연구에서는 국내외 문헌조사와 IMO 선박 온실가스 감축조치로 제시된 14가지 접근법에 대한 우선순위를 도출하기 위한 전문가 설문조사(계층분석기법, AHP)를 실시하였으며 전문가 자문을 주요 연구방법으로 활용하였다.

또한 선박 온실가스 감축조치의 영향분석을 위한 모델들을 식별하여 영향평가의 절차 및 주요 분석방법을 고려한 모델의 장·단점을 분석하여 우리나라에 가장 적합한 선박 온실가스 감축 영향평가 모델을 정부 및 산업계에 제시하고자 하였다. 특히 국제해운 온실가스 감축정책을 위한 효율성, 효과성, 시행가능성, 정책적 수용성을 평가 기준으로 하고 14가지 접근방법을 대안을 제시하여 전문가 설문조사를 통한 GHG 감축조치의 우선순위를 도출하였다.

본 연구의 전체적인 연구의 흐름은 아래 <그림 1-2>에 따른 문헌조사 및 사례조사, 면담조사 및 설문조사, 전문가 자문을 기반으로 향후 추진과제 및 실행방안에 대한 정책개발 사항을 정부에 정책제언을 하는 절차를 따르고 있다.

〈그림 1-2〉 연구절차도



자료: 저자 작성

제4절 선행연구 검토

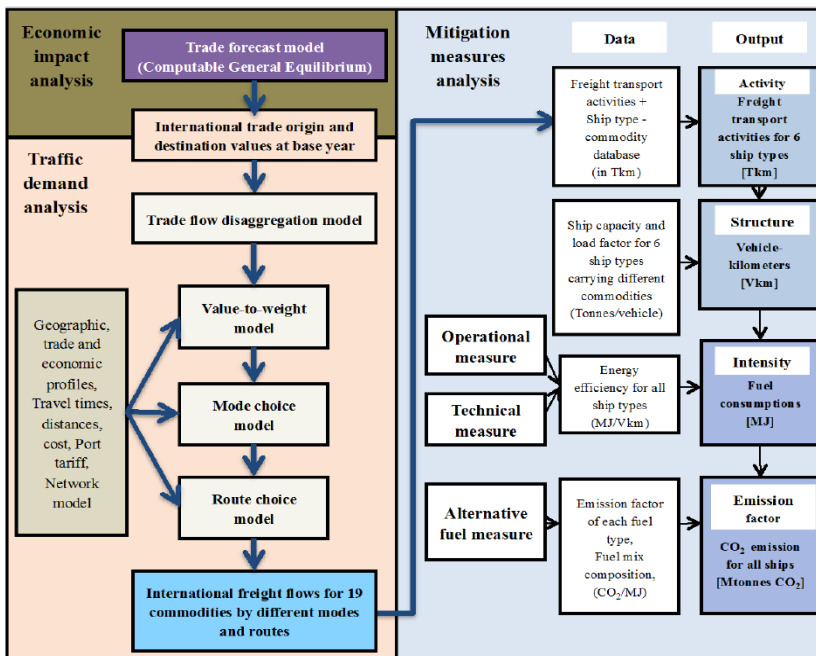
IMO에서 2014년도에 수행한 1) 제3차 IMO GHG Study는 2008년부터 2012년까지 국제해운의 온실가스 감축을 위한 탄소배출량을 추정한 결과를 제시하였다. 특히 선박 유형별 연료사용량을 구분하여 제시하였으나 2008년도의 경기침체에 대한 반영이 이루어지지 않아 대부분의 회원국에서는 국제해운의 배출량이 많게 산정되었다고 주장하였다.

실제로 2008년 대비 2050년의 배출량 시나리오를 설계하여 제출하였으나 당시 상황에서의 실물경제의 정확한 데이터를 고려하지 않았다는 평가를 받고 있다. 그러나 공식적인 연구결과에 따른 기준점이 되는 해인 2008년을 기준으로 IMO에서 2030년 온실가스 감축목표 40% 및 2050년 감축목표 50%를 설정하는 데에 기준점이 된 연구결과 보고서이다. 다만, 이 연구에서는 선박 온실가스 배출량에 대한 산정의 기초자료를 AIS 자료와 일부 추정하여 온실가스 배출량을 산정하였다. 그 이후에 선박온실가스 감축조치의 영향분석을 위한 모

델들을 식별하여 국가의 영향평가를 실질적으로 예측하여 정책을 수립하는 연구결과로 활용하기에는 한계가 있다.

2) Ronald A. Halim, Lucie Kirstein, Olaf Merk and Luis M. Martinez(2018) 등은 이산화탄소(CO₂)의 감축조치의 영향평가를 위한 몇 가지 모델을 제시하였다. 이 모델은 국제해운으로부터의 미래 이산화탄소(CO₂)를 예측하기 위하여 제시된 모델이며 배출 추정 모델 체계는 <그림 1-3>과 같다. 무역흐름(Trade flow disaggregation model), 가치중(Value-to-weight model), 모드선택(mode choice model), 항로선택(Route choice model) 등 4단계로 구성되어 있다.

<그림 1-3> 국제해운의 이산화탄소(CO₂) 배출 추정 모델 체계



자료: 국제해사기구(IMO), 2020.

이 연구에서는 2020년을 기준으로 5년 단위로 2035년까지 국제해운에서의 이산화탄소(CO₂) 배출량을 증가는 미미할 것이라고 예측하고 있다. 또한 국제해운의 해상운송비용이 이산화탄소 배출량에 미치는 영향을 적을 것이며 친환경운송 수단을 타 도로나 철도 및 항공운송수단으로 변경하는 것이 바람직하지 않다고 주장하고 있다. 또한 IMO에서 제시된 14가지 감축조치 접근방법 보다는 2035년에 무탄소 배출에 초점을 맞추고 있기 때문에 정책적 수용성에 절대적인 영향을 받을 가능성이 있다.

3) 정태환(2019)에 수행한 IMO 선박기인 온실가스(GHG) 배출규제 대응 중장기 로드맵 수립사업은 전문가 자문 등을 통하여 현재 감축 가능한 기술의 식별 및 향후 감축기술을 어떻게 개발할 것인가에 대한 과제개발에 초점이 맞추어져 있다. 실제로 국내 정책추진 및 정책적인 대안을 마련하기에는 한계가 있다. 특히 IMO 초기전략에 대한 단기, 중기 및 장기 대처방안에 대한 기술 가능성 및 연구개발(R&D) 추진 가능성에 무게를 두고 연구가 수행되었다. IMO 온실가스 감축조치가 이루어져야 하는 14가지 접근방법을 기반으로 정부에서 추진하여야 정책 우선순위가 제시될 때 정부의 추진력 있는 시행방안이 마련될 것이다.

4) Zheng Wan(2019)은 IMO가 이끄는 온실가스 감축조치는 여전히 규제에 초점이 맞추어져 있으며 기술개발은 여전히 고비용의 산업정책을 요구하고 있으므로 국제법적인 협약의 이행 측면에서는 효과적이라고 볼 수 없다. 이는 회원국의 복잡한 협상을 통해 새로운 협약을 개발하는 데 많은 시간과 비용이 소요되기 때문이며 가장 에너지효율이 높고 친환경 운송수단인 선박을 기반으로 한 해운산업이 위축되는 결과를 가져올 수 있음을 강조하고 있다. 각 회원국의 정책

측면에서 온실가스 감축조치에 상응하는 정책을 수립하기 위해서는 무엇보다도 시장측면과 규제를 완화하는 정책을 수립할 것을 제안하고 있다. 이 연구에서는 일반적인 정책의 효과성과 이행가능성에 대한 연구결과를 제시하여 어떻게 IMO 협약을 이행하기 위한 해결책을 제시하기 보다는 현재 국제협약의 적용시 나타날 수 있는 문제점을 지적하고 학제 간 규제 완화를 특히 강조하고 있다. 이는 IMO에서 제시한 목표를 달성하는 데에 긍정적인 시그널을 주고 있다고 볼 수 없으며 산업지원이 가능한 실제 응용 및 적용측면에서 접근해야 하는 문제점을 해결하지 못하고 있다.

〈표 1-3〉 주요 선행연구와 본 연구와의 차별성

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	• 과제명 : Third IMO GHG Study 2014 • 연구자(연도) : IMO(2014) • 목적 : 국제해운의 온실가스 감축을 위한 탄소배출량 추정	• 문헌조사 • 배출량 시나리오	• 2007년부터 2012년 동안의 국제해운 온실가스 배출량 추정 • 선박 유형별 연료사용량 구분 • 2012년~2050년의 온실가스 배출 시나리오 개발
	• 과제명 : Decarbonizing Pathways for International Maritime Transport: A Model-Based Policy Impact Assessment • 연구자(연도) : Ronald A. Halim, Lucie Kirstein, Olaf Merk and Luis M. Martinez, International Transport Forum(2018) • 목적 : 국제해상운송의 탈탄소화를 위한 방안 연구(모델기반 정책영향 평가)	• 문헌연구 • 배출량 시나리오	• 이산화탄소 감축조치의 영향평가 • 글로벌 해운 배출을 감소시키기 위한 감축조치의 영향을 평가 • 탈탄소화를 위한 정책 제안
	• 과제명 : IMO 선박기인 온실가스 (GHG)배출규제대응 중장기 로드맵 수립사업 • 연구자(연도) : 정태환, 박정은(2019) • 목적 : 선박기인 온실가스 감축 선도를 위한 전략수립	• 문헌연구 • 자문	• IMO GHG 주요의제 선도 전략과제 분류 및 감축기술 개발과제 도출 • 국내 정책추진 과제도출
본 연구	• Decarbonizing the international shipping industry: Solutions and policy recommendations • 2019(Zheng Wan), Abdel el Makhoulfi, Yang Chen, Jianyuan Tang • Revisiting the progress of technical, operational, and market-based routes and the associated controversies.	• 문헌연구	• a performance-based index has loop-holes affecting meaningful CO₂ emission reductions driven by technical advancements • using slow steaming to cut energy consumption stands out among all operational solutions, this single source has limited emission reduction potential
	• 국제해운해사 분야 온실가스 감축목표 설정에 대한 해운분야 온실가스 감축 정책방향 설정 • IMO의 온실가스 감축 초기전략 정책 우선순위 도출 및 방향제시 • IMO 온실가스 최종전략 대응 방안 제시를 위한 정책개발	• 문헌연구 • 사례분석 • 국제회의 • AHP분석 • 전문가 자문	• IMO 온실가스 초기전략에 대한 규제동향 조사·분석 • 국내외 온실가스 감축정책 동향 조사·분석 및 정책우선순위 도출 • 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본방향 및 중장기 목표 수립 • 온실가스 감축 규제 정책 개발

자료: 저자 작성

제 2 장

IMO 선박 온실가스 감축조치 현황 분석

제2장에서는 IMO가 해운분야의 온실가스 감축에 대해 어떻게 파리협정으로부터 위임을 받았는지 유엔기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC)과 교토의정서(Kyoto Protocol) 등의 초기전략 배경을 살펴 보았다. 더불어 IMO에서 수립한 온실가스 감축 초기전략의 목적, 비전, 감축 의욕수준(level of ambition), 적용 원칙, 시기별 조치, 프로그램, 영향평가 등의 내용을 분석하였다. 또한, 우리나라를 비롯하여 여러 국가의 선박 온실가스 감축 대응 현황(기술, 제도, 분석절차 등)을 파악하여 각 국가들과 단체들이 선박 온실가스 배출 규제에 어떻게 대응하고 있는지 비교 및 분석함으로써 시사점을 도출하고자 한다.

제1절 IMO 선박 온실가스 감축 초기전략 분석

1. IMO 온실가스 감축 초기전략 수립경위

1) IMO 전략계획 수립배경

IMO는 초기에 장기작업계획(Long Term Work Plan)을 기반으로 조직을 운영하였으나 이는 업무 단순 나열에 그쳐 명확한 목표 확인 및 목표 달성을 평가하기에 어려움이 있었다. 1999년 호주의 IMO 조직 운영에 대한 검토를 제안을 시작으로 사무총장이 방안 마련을 요청하였다. 2003년 IMO 최초의 전략계획(SP: Strategic Plan)이 채택되었으며, 이후 2년마다 전략계획의 일부 개정안이 채택되었다. 하지만 2013년 전략계획 성과지표의 효용성에 의문이 제기되었고, 캐나다의 전반적인 재검토 제안 및 회원국들의 수용에 따라 이사회 및 작업반을 통해 新전략계획(New Strategic Plan)이 수립되었다.

IMO는 新전략계획을 수립하면서 UN(UN: United Nations, 이하 UN)의 지속가능개발목표(SDGs: Sustainable Development Goals, 이하 SDGs)를 고려하였다. 목표는 2016년부터 2030년까지 세계가 빈곤을 종식시키기 위해 대대적인 노력을 촉구해야 함을 담고 있으며, 2012년 6월 UN 시스템작업반(System task team)이 “우리가 원하는 모두를 위한 미래의 실현(Realizing the Future We want for All)” 보고서를 통해 새로운 개발협력 목표의 기본적 원칙(인권, 평등, 지속가능성)과 4대 방향(평화·안보, 포괄적 사회개발, 포괄적 경제개발, 환경적 지속가능성)을 제시했다.⁷⁾ SDGs는 2015년 9월 UN 지속가능개발 정상회의(UN Sustainable Development Summit)에서 새롭게 채택

7) 대한민국 ODA 통합홈페이지(검색일: 2020.6.18)

되었다. 이는 UN의 밀레니엄개발목표(MDGs: Millennium Development Goals, 이하 MDGs) 이후 새로운 목표이며, SDGs는 17개의 목표와 169개의 세부목표로 구성되어 있다.

〈그림 2-1〉 UN 지속가능개발목표



자료: 대한민국 ODA 통합 홈페이지(검색일: 2020. 6. 18)

〈그림 2-1〉은 UN SDGs를 나타내며, 17개 중 13번 기후변화 대응이 온실가스 감축과 관련이 있다. 기후변화 대응은 기후변화 문제 조기 대응, 영향 완화, 기업의 대처 능력 강화 등의 내용이 포함되어 있다. 사실 환경 문제는 SDGs에서 처음 제시된 내용은 아니며, MDGs에서도 8개 이행과제 중 하나(목표 8: 개발을 위한 글로벌 파트너십)로 환경문제가 포함되어 있었다. MDGs에서는 기후변화의 이슈 및 대응 방안에 대해 구체적으로 다루지 않았던 반면 SDGs는 13번 목표 기후변화와 그 영향에 대응, 14번 목표 해양자원 보호와 지속가능한 사용, 15번 목표 육상생태계 보호와 지속가능한 활용으로 환경이슈가 세분화되었다.

〈표 2-1〉 MDGs와 SDGs 비교

구분	MDGs	SDGs
기간	2000~2015년	2016~2030년
구성	8개 목표, 21개 세부목표	17개 목표, 169개 세부목표
목적	Development(개발)	Sustainable well-being(지속가능성)
주체	개발도상국	모든 국가
환경 문제	목표 8. 개발을 위한 글로벌 파트너십	목표 13. 기후변화 목표 14. 해양자원 보호 목표 15. 육상생태계 보호
	경제개발 우선 (경제개발 > 환경문제)	지속가능성을 위한 주요 이슈 = 환경문제

자료: 대한민국 ODA 통합 홈페이지(검색일: 2020. 6. 18) 바탕으로 저자 정리

UN과 IMO에서 기후변화 논의 과정의 주요 이슈를 시간순으로 살펴보면 〈표 2-2〉와 같다.

〈표 2-2〉 UN 및 IMO의 기후변화 논의 과정

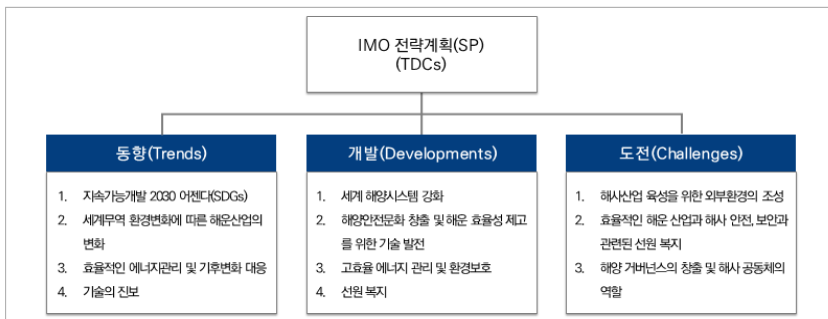
순서	시기	UN(UNEP)	IMO
1	1988	IPCC 설립(WMO, UNEP 공동 설립)	
2	1990	IPCC 제1차 평가보고서	
3	1991		선박 대기오염방지 결의안 채택
4	1992	UNFCCC 협약 채택	
5	1995	IPCC 제2차 평가보고서	
6	1997	교토의정서 채택	
7	2000	MDGs 채택	제1차 IMO GHG Study 발간
8	2007	IPCC 제4차 평가보고서	
9	2009		제2차 IMO GHG Study 발간
10	2014	IPCC 제5차 평가보고서	제3차 IMO GHG Study 발간
11	2015	SDGs 채택, 파리협정 채택	
12	2016		온실가스 감축전략 개발 로드맵 채택
13	2017	미국, 파리협정 탈퇴 공식 선언	新전략계획 채택
14	2018		IMO 초기전략 채택
15	2019	미국, 파리협정 탈퇴 절차 시작	

자료: 저자 정리

2) IMO 전략계획 내용

2017년 12월 채택된 IMO의 新전략계획은 미션(Mission Statement), 비전(Vision Statement), 2018년~2023년 IMO를 위한 중요 원칙(Overarching Principles for the Organizations Strategic Plan 2018-2023), IMO가 직면한 동향·개발·도전과제(TDCs: Trends, Developments and Challenges) 분석을 토대로 미션과 비전 달성을 위한 전략방향(SD: Strategic Directions)으로 구성되어 있다. 총 7개로 분류된 전략방향은 상위수준행동계획(HLAP: High level action plan)으로 이행을 위한 실천적 계획을 제시한다.

〈그림 2-2〉 IMO 전략계획의 TDCs



자료: 박한선 외(2017), p. 1

IMO는 조직의 미션 및 비전 달성을 위해 집중해야 할 7개 분야를 전략방향으로 정했으며, 온실가스 감축은 전략방향 3(SD 3: Respond to Climate Change)과 밀접한 관련이 있다.

〈표 2-3〉 IMO 전략방향

SD	내용
SD 1	이행 증진 (Improvement Implementation)
SD 2	규제체계에 신기술 및 첨단기술 융합 (Integrate new and advancing technologies in the regulatory framework)
SD 3	기후변화 대응 (Respond to climate change)
SD 4	해양 거버넌스 참여 (Engage in ocean governance)
SD 5	국제무역의 촉진과 보안 강화 (Enhance global facilitation and security of international trade)
SD 6	규제의 효과성 확보 (Ensure regulatory effectiveness)
SD 7	조직의 효율적 운영 (Ensure organizational effectiveness)

자료: IMO 의제문서(C117/3) 바탕으로 저자 정리

세 번째 전략방향 내용은 해운은 가장 에너지효율이 높은 운송 수단 중 하나로 이미 에너지효율을 높이고, 배출량을 줄였지만 해운업계는 전 세계적으로 배출량을 줄이기 위한 전략을 계속 추진하고 있다는 것이다. 또한, IMO는 선박의 에너지효율에 관한 글로벌 규제 조치를 개발했지만 해운산업이 기후변화에 책임질 수 있도록 추가적인 조치를 지속적으로 검토하겠다는 내용을 담고 있다. 마지막으로 대기오염과 기후변화 영향에 대한 해운산업의 부담을 줄이기 위한 적절한 해결책을 개발하겠다고 밝혔다.

3) 교토의정서 및 파리협정

교토의정서는 1997년 12월 일본 교토에서 유엔기후변화협약 당사국총회(Conference of the parties: COP3)에서 채택되어, 2005년 2

월 16일에 발효되었다. 선진국 및 유럽연합(EU: Europe Union, 이하 EU) 국가가 2008년부터 2012년까지 1990년 온실가스 배출량 대비 연평균 5.2%를 감축한다는 내용이다. 교토의정서는 2012년 협약 만료예정이었으나 2020년까지 연장되었다.

파리협정은 2015년 12월 프랑스 파리 COP21에서 채택되었으며, 미국의 비준에 의해 2016년 10월 5일 발효요건을 충족하였고, 11월 4일 공식 발효되었다. 파리협정은 선진국만이 온실가스의 감축의무를 부담하도록 한 기존의 교토의정서의 한계를 극복하고, 선진국과 개도국 모두가 온실가스 감축 노력에 동참하는 보편적(universal)이고 포괄적(comprehensive)인 Post 2020의 신기후체제의 근간을 제공하는 다자간 조약이다.⁸⁾

IMO에서 해운분야의 온실가스 감축목표를 달성하게 된 배경을 살펴보면 IMO는 교토의정서 제2조 2에서 언급하고 있는 UNFCCC의 비(非)당사국 이해관계자로서 국제항해 선박에 사용하는 연료유에 관한 특성을 고려하여 국제해운 분야의 온실가스 감축 기준을 설정하고, 대응할 수 있도록 권한을 위임받았다.⁹⁾ 국가 간 영공을 넘나드는 국제항공기 경우에는 항공기에 사용하는 연료유에 관한 특성을 고려하여 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization, 이하 ICAO)를 통해 규제하도록 위임하고 있다.

2003년 12월 IMO 총회에서 A.963(23) 채택을 통하여 해양환경보호위원회(MEPC: Maritime Environment Protection Committee, 이하 MEPC)가 온실가스 배출량 제한 또는 감축을 위한 방법을 확인하

8) 박광국(2017), p. 4.

9) 교토의정서 제2조 2항: 국제민간항공기구 및 국제해사기구에서의 활동을 통하여, 항공기용 및 선박용 연료로부터 각각 발생하는 온실가스(몬트리올의정서에 의하여 규제되는 것을 제외한다) 배출량의 제한·감축을 추구한다. 세계법령정보센터(검색일: 2020. 6. 18) 참조

고, 평가할 수 있는 정책을 개발하도록 요청하였다.

교토의정서 이후의 체제(Post 2020)에 대비하기 위하여 채택된 파리협정 협정문에서는 IMO 및 ICAO의 감축활동에 대한 권한을 위임한다는 별도의 내용을 포함하고 있지는 않다. 하지만 2015년 12월 UNFCCC 제33차 과학기술자문부속기구(SBSTA: Subsidiary body for scientific and technology advice, 이하 SBSTA) 회의에서 교토의정서 이후에도 국제해운 및 국제항공에서의 온실가스 배출량 감축을 이를 대표하는 기관인 IMO와 ICAO에서 계속 다루고 SBSTA에 진행사항을 보고하기로 결정하였다. 이에 따라, IMO는 매년 2회 개최되는 SBSTA에서 국제해운 온실가스 감축 논의 진행사항을 보고하고 있다.

〈표 2-4〉 파리협정에서의 IMO 권한

파리협정에서 IMO의 권한

MEPC 69 (April 2016) welcomed the Paris Agreement and acknowledged the major achievement of the international community in concluding the agreement, recognized and commended the current efforts and those already implemented by IMO to enhance the energy efficiency of ships, widely recognized and agreed that further appropriate improvements related to shipping emissions can and should be pursued, and recognized the role of IMO in mitigating the impact of GHG emissions from international shipping.

As requested by Assembly resolution A.963(23), the IMO Secretariat continuously reports to UNFCCC SBSTA under the agenda item on "Emissions from fuel used for international aviation and maritime transport" and participates in related United Nations system activities.

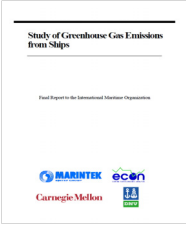
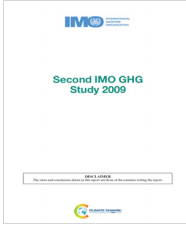
자료: IMO 홈페이지(검색일: 2020. 6. 18)

2. IMO 선박온실가스 배출량 분석연구

교토의정서가 채택되기 이전 같은 해 1997년 9월 26일 영국 런던에서 대기오염컨퍼런스(the Air Pollution Conference)가 개최되었다. 동 컨퍼런스에서 국제해운의 온실가스 배출량이 전 세계 온실가스 인벤토리에 기여하는 부분이 상당하다는 것을 인식하게 되었으며,¹⁰⁾ ‘선박으로부터 해양오염 방지를 위한 국제협약(International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships, 이하 MARPOL)’에서 대기오염방지를 위한 규칙이 제정되었다.

MEPC에서 국제 해운선박의 CO₂ 배출량에 대한 연구를 수행할 것을 요청하였고, 제1차 선박온실가스 배출량 분석연구(GHG Study: Greenhouse Gas Study)가 시작되었다. IMO GHG Study는 1차를 시작으로 현재 3차까지 보고서가 발간되었다. GHG Study는 향후 IMO 정책수립의 기초 자료로 활용되기 때문에 중요한 의미를 가진다.

〈그림 2-3〉 IMO GHG Study 보고서

1차	2차	3차
		

10) 온실가스 인벤토리: 온실가스 배출원과 배출량을 체계적으로 구성한 리스트를 뜻하며, 인벤토리에 산정되는 온실가스는 교토의정서상의 6대 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)이다. 각 온실가스 별로 배출량이 산정된 후 지구온난화 지수를 곱하여 CO₂를 기준으로 환산된다. 주로 ton(kg) CO₂ eq.로 표시된다. 국립수산과학원(검색일: 2020. 10. 14) 참조

3. 에너지효율 규제

2003년 12월 IMO 총회에서 온실가스 배출 감축과 관련된 IMO 정책과 실행방안에 대한 결의안 A.963(23)을 채택하였다. 결의안에 따르면 MEPC에서 국제해운 온실가스 배출량 감축을 위해 아래 4 가지 사항을 개발해야 한다.

〈표 2-5〉 온실가스 감축 위한 고려사항

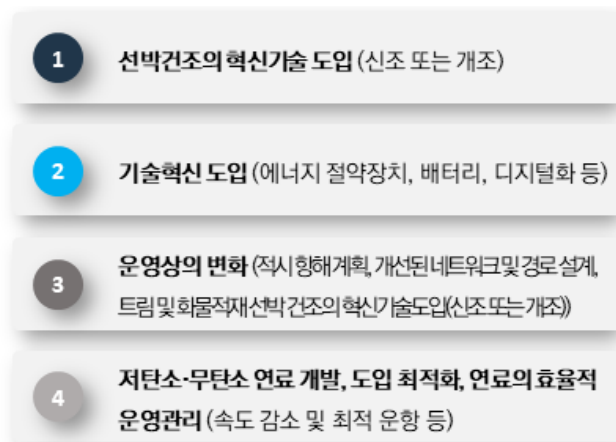
순서	원문	내용
1	the establishment of a GHG emission baseline	GHG 배출량 베이스라인 구축
2	the development of a methodology to describe the GHG efficiency of a ship in terms of a GHG emission index for that ship. In developing the methodology for the GHG emission indexing scheme, the MEPC should recognize that CO ₂ is the main greenhouse gas emitted by ships	선박의 GHG 효율성 설명을 위한 방법론 개발
3	the development of Guidelines by which the GHG emission indexing scheme may be applied in practice. The Guidelines are to address issues such as verification	GHG 배출 지수 적용을 위한 실무 지침 개발
4	the evaluation of technical, operational and market-based solutions	기술적, 운항적, 시장 기반적 솔루션 개발

자료: IMO Resolution A.963(23) 바탕으로 저자 정리

위 내용에 따라 MEPC는 기술적, 운항적, 시장기반적 솔루션 개발을 위한 방안을 마련하고 있는데, 기술적 조치로는 선박 에너지효율 설계지수(EEDI: Energy Efficiency Design Index for new ships, 이하 EEDI)가 있다. 또한, 운항적 조치로는 선박에너지효율관리계획(SEEMP: Ship Energy Management Plan, 이하 SEEMP)과 운항에너지효율지수(EEOI: Energy Efficiency Operational Indicator, 이하

EEOI)가 있다. 마지막으로 시장 기반 조치는 탄소세, 인센티브제, 배출권거래제 등을 집중적으로 검토하였으나 MEPC 65차에서부터 그 논의가 잠정적으로 중단되었다. 선박의 에너지효율을 향상시키기 위해 선박에 적용될 수 있는 방법으로는 크게 4가지가 있다.

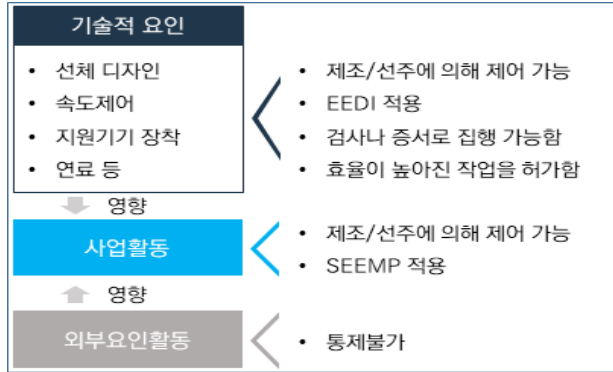
〈그림 2-4〉 선박 에너지효율 향상 방법



자료: 한국해양수산개발원(2020), p. 20

EEDI 적용 관점에서 협약이 발효된 2013년 1월 1일 이전에 건조 계약된 선박을 현존선, 이후 건조된 선박은 신조선으로 구분한다. 신조선은 EEDI의 적용으로 온실가스 배출량이 저감되고 있는 것으로 파악된다. 하지만 EEDI 적용 이전에 건조된 현존선은 선박의 보편적인 사용 연수(20~30년)를 고려한다면 초기전략 목표 달성시점인 2030년이 되어도 EEDI를 적용받지 않는 현존선이 존재할 수밖에 없다. 적극적으로 현존선의 탄소배출량을 감축하지 않는다면 IMO 초기전략 달성이 어려울 수 있으므로 현존선의 온실가스 배출 규제가 필수적인 사항이라고 할 수 있다.

〈그림 2-5〉 운항 효율 개선을 위한 요건



자료: 한국해양수산개발원(2020), p. 20

IMO의 시기별 선박 온실가스 저감 및 에너지효율 개선에 관한 논의 내용을 정리하면 〈표 2-6〉과 같다.

〈표 2-6〉 선박 온실가스 저감, 에너지효율 개선 논의 경과

순서	시기	내용
1	1991	IMO 총회, 선박으로부터의 대기오염방지 결의안 (Prevention of air pollution from ships) A.719(17) 채택
2	1999~2000	제1차 IMO GHG Study(선박 온실가스 배출량 분석연구) 실시
3	2000~2009	EEOI, EEDI, SEEMP 등 기술적·운항적 규제 도입에 관한 논의
4	2005~2011	기술적·운항적 규제에 대한 자발적 적용 및 점검
5	2009	제2차 IMO GHG Study 보고서 발간
6	2009~2011	MARPOL 부속서 6, 제4장 에너지효율규정 신설, EEDI, SEEMP 강제화
7	2014	제3차 IMO GHG Study 보고서 발간
8	2016	온실가스 감축전략 개발을 위한 로드맵 및 IMO DCS (Adoption of Data Collection System) 채택
9	2018	IMO 선박 온실가스 감축 초기전략(Initial Strategy) 채택

자료: 저자 작성

4. IMO 선박 온실가스 감축 초기전략

2016년 10월 개최된 제70차 MEPC에서 ‘선박 온실가스 감축 전략 개발을 위한 로드맵(Roadmap for developing a comprehensive IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships)’을 승인하였다. 이 로드맵은 2018년 4월까지 1년 6개월 기간 동안 2차례의 정기회의 및 3차례의 작업반 회의, 단 5차례의 회의를 통하여 초기전략 최종안을 마련하고, 승인하는 촉박한 일정으로 진행되었다. 2018년 4월 제72차 MEPC 개최 전까지도 선진국과 개도국 간의 의견차가 계속되어 로드맵의 일정에 맞춘 초기전략이 승인이 어려울 것이라는 전망이 있었으나 작업반 의장이 제안했던 초안문서를 기반으로 한 초기전략(Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships)을 제72차 위원회 마지막 날 MEPC 의결서 형태로 채택하였다. 초기전략에는 IMO의 역할과 초기전략의 목적, 비전, 감축 의욕수준, 온실가스 감축을 위한 후보조치 등이 있다.

〈표 2-7〉 초기전략 목차

순서	내용
1	소개
2	비전
3	감축 의욕수준, 적용 원칙
4	단기, 중기, 장기 후보조치 및 각 조치가 국가에 미치는 영향
5	장애요소, 지원조치(역량강화, 기술협력, 연구개발)
6	수정 전략을 위한 후속조치
7	전략의 정기적 재검토

자료: Resolution MEPC.304(72) 바탕으로 저자 작성

1) 목적

초기전략의 목적은 3가지로 첫째, 국제 운송에서 발생하는 온실가스 배출량을 해결함으로써 IMO의 글로벌 노력에 대한 기여도를 향상시키는 것이다. 온실가스 배출량을 해결하기 위한 국제적인 노력으로는 파리협정, UN SDGs 'SDG 13: 기후변화와 그 영향에 맞서기 위한 긴급 조치 취하라'(Take urgent action to combat climate change and its impacts)가 포함된다. 둘째, 온실가스가 국가에 미치는 영향을 설명하고, 국제 무역 및 해상 운송 서비스의 지속적인 발전을 지원하는 데 있어 국제 해운의 중요한 역할을 인식하면서 국제 해운 부문에서 적절하게 이행해야 할 조치를 식별한다. 셋째, 국제 해운에서 발생하는 온실가스 배출에 대한 연구 개발 및 모니터링을 위한 인센티브를 포함하여 상기 목표를 달성하는 데 도움이 되는 조치를 식별한다.

2) 비전 및 감축 의욕수준

초기전략의 비전 문구를 결정할 때에도 개도국의 반대로 배출량 '0(Zero)'라는 용어를 사용할 수 없었다. 하지만 'phase out'이라는 용어를 사용하여 결과적으로 21세기 이내에 온실가스 배출을 퇴출해야 한다는 강력한 표현을 사용할 수 있었다.

초기전략에서 설정된 목표는 2023년까지 마련될 예정인 개정전략에서 더욱 상향된 수치로 조정될 수 있다. 환경단체 및 일부국가에서는 2050년의 배출량을 2008년 대비 70%까지 감축해야 한다는 주장을 하고 있다. 국토 전체의 해발고도가 낮고, 해수면 상승에 따라 생존의 위협을 받고 있는 군소도서 개발도상국(마셜제도 등)은 2050년 전까지 국제해운 온실가스 배출량이 '0(제로)'가 되어야 한다고 주장하기도 한다.

〈표 2-8〉 초기전략의 비전 및 감축 의욕수준

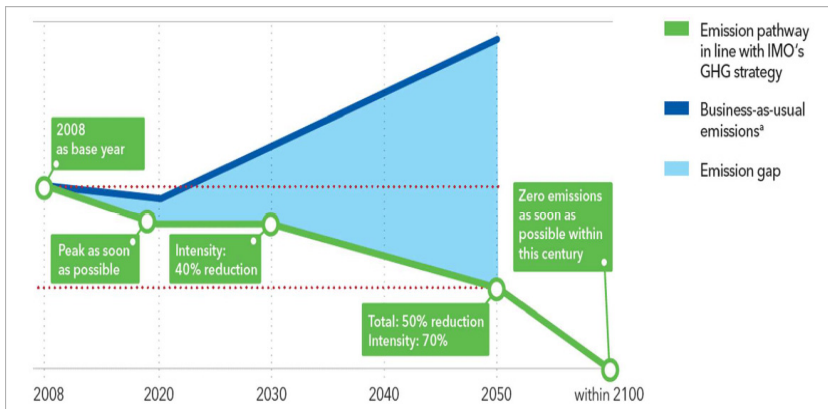
IMO remains committed to reducing GHG emissions from international shipping and, as a matter of urgency, aims to phase them out as soon as possible in this century.

IMO는 국제해운에서 발생하는 온실가스 배출량 절감에 지속적으로 전념하고, 사안의 시급성을 고려하여 금세기 내 가능한 빨리 단계적으로 저감한다.

- 레벨 1. EEDI의 단계적 이행을 통하여 각 선박(신조선)의 탄소집약도 감소
선종별로 각 단계의 개선율을 적절히 결정하여 선박의 에너지효율 설계 요구사항을 강화하는 것을 목적으로 검토
- 레벨 2. 국제해운의 탄소집약도 감소
국제해운의 평균 transport work 당 CO₂ 배출량을 2008년 대비 2030년까지 40% 감축하고, 2050년까지 70% 저감할 수 있도록 노력
- 레벨 3. 국제해운의 온실가스 배출량 정점 달성 및 감소
가능한 빨리 국제해운의 온실가스 배출량이 정점에 도달하고, 2050년까지 전체 선박의 연간 온실가스 배출량을 2008년 대비 50% 이상 감축

자료: Resolution MEPC.304(72) 바탕으로 저자 작성

〈그림 2-6〉 IMO 초기전략 단계별 목표



자료: DNV-GL(2017), p. 3

3) 적용원칙

국제협약에 적용되는 기본 원칙으로 MARPOL 및 IMO 국제협약은 NMFT원칙(No More Favorable Treatment)을 적용하며, 이는 협약이

국적 등과 관계없이 모든 선박에 대해 동일한 적용 원칙을 채택하고 있음을 뜻한다. UNFCCC, 교토의정서, 파리협약은 CBDR 원칙(Common But Differentiated Responsibilities)을 적용하며, 이는 국제 환경 논의에서 선진국과 개도국 간 차별적인 의무 체계를 의미한다.

초기전략 수립 이전 선진국은 IMO 국제협약에 적용되는 기본원칙인 NMFT이 적용되지 않고, CBDR 원칙이 적용될 것을 우려했으나, 최종 초기전략의 원칙은 <표 2-9>와 같다.

〈표 2-9〉 초기전략 적용원칙

	원문	내용
	the need to be cognizant of the principles enshrined in instruments already developed, such as:	이미 개발된 조치에서 명시된 원칙을 인식할 필요성
1.	the principle of non-discrimination and the principle of no more favourable treatment, enshrined in MARPOL and other IMO conventions	NMFT원칙
	the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances, enshrined in UNFCCC, its Kyoto Protocol and the Paris Agreement	CBDR 원칙
2.	the requirement for all ships to give full and complete effect, regardless of flag, to implementing mandatory measures to ensure the effective implementation of this strategy	의무적인 조치의 이행은 기 국과 관계없이 모든 선박에 완전한 효력을 미침
3.	the need to consider the impacts of measures on States, including developing countries, in particular, on LDCs and SIDS as noted by MEPC 68 (MEPC 68/21, paragraphs 4.18 to 4.19) and their specific emerging needs, as recognized in the Organization's Strategic Plan (resolution A.1110(30)); and	MEPC 68/21, 제 4.18~19항의 최빈개발국(LDCs) 및 군소도서국가(SIDS), IMO 전략계획(Res. A.1110(30))에 언급된 국가들의 새로운 요구사항을 포함한 회원국에 미치는 영향 고려
4.	the need for evidence-based decision-making balanced with the precautionary approach as set out in resolution MEPC.67(37)	Res MEPC.67(37)에 언급된 예방적 접근법 및 증거 자료에 입각한 의사결정의 필요성

자료: Resolution MEPC.304(72) 바탕으로 저자 작성

4) 시기별 조치 후보

선박 온실가스 감축 초기전략은 단기(2018~2023년), 중기(2023~2030년), 장기(2030년 이후)로 구분되고, 감축 조치 후보들을 포함하고 있다. 단기적 조치 후보는 13개, 중기적 조치 후보는 5개, 장기적 조치 후보는 2개이다.

〈표 2-10〉 시기별 조치 후보군

구분	시기	내용
단기	2018~2023	1. EEDI 및 SEEMP 기반 에너지효율 개선 2. 신조/현존선의 에너지효율 지표 개발 3. 현존선 개선 프로그램 수립 4. 최적속도와 선박감속에 대한 분석 및 고려 5. 메탄 및 휘발성 유기화합물(VOCs) 처리 방안 6. 국제해운 온실가스 배출량 관리 정책 개발 7. 지속적 기술협력 및 역량 강화 8. 온실가스 배출량 감축을 위한 항구 개발 9. 국제해사연구위원회(IMRB) 설립 10. First Mover에 대한 인센티브 11. 모든 종류의 연료에 대한 지침 개발 12. 국제사회에 대한 IMO 활동 홍보 13. 정책 수립 기반을 위한 추가 연구 고려
중기	2023~2030	1. 저탄소/무탄소 연료를 위한 이행프로그램 개발 2. 신조/현존선의 에너지효율 지표 개발 3. 신규/혁신적인 배출량 저감 메커니즘 4. 기술협력/역량강화 활동의 지속적 강화함 5. 모범 사례 공유를 위한 피드백 메커니즘 개발
장기	2030~	1. 무탄소 및 탈화석 연료 개발 2. 신규/혁신적인 온실가스 감축 메커니즘 개발

자료: Resolution MEPC.304(72) 바탕으로 저자 작성

5) 영향평가

조치가 국가에 미치는 영향을 검토하기 위해서는 8가지 사항을 고려해야 한다고 결정하였다. 8가지 사항은 주요 시장에 대한 지리적 접근성 및 연결성(geographic remoteness of and connectivity to main markets), 화물가치 및 종류(cargo value and type), 운송 의존성(transport dependency), 운송비용(transport costs), 식량 안보(food security), 재난 대응(disaster response), 비용 효과성(cost-effectiveness), 사회 경제적 진보 및 발전(socio-economic progress and development) 이 있다.

6) 후속조치

제73차 MEPC 회의에서 2023년 최종 전략(Revised IMO GHG Strategy)의 채택을 위한 후속조치(Follow-up actions towards the development of the revised strategy) 프로그램을 승인하였으며, 후속조치에 대한 로드맵은 <그림 2-7>과 같다.

단기 후보조치 Group A는 이미 시행 중인 조치 및 현재 IMO에서 규제하고 있는 단기 감축조치이며, EEDI, SEEMP 등이 있다. 단기 후보조치 Group B는 시행 중이지 않고, 조치 및 데이터 분석이 필요한 단기 감축조치로서 선속 최적화 등이 있다. 단기 후보조치 Group C는 시행 중이지 않고, 조치 및 데이터 분석이 필요하지 않은 단기 감축조치로서 국가실행계획 지침서, 온실가스 전주기 평가(GHG Life cycle) 등이 있다.

〈그림 2-7〉 초기전략 후속활동 로드맵

활동 흐름	2018	2019	2020		2021	2022		2023
	MEPC 73	MEPC 74	MEPC 75	MEPC 76	MEPC 77	MEPC 78	MEPC 79	MEPC 80
단기 후보조치 (Group A)	구체적 제안요청	제안사항 고려	후보조치 고려 및 결정 예) 현재의 에너지효율 개념(특히, EEDI, SEEMP, ITCP)의 추가적인 개선					
단기 후보조치 (Group B)	구체적 제안요청	제안사항 고려	후보조치 고려 및 결정 데이터 분석 특히, IMO DCS의 데이터 분석					
단기 후보조치 (Group C)	구체적 제안요청	제안사항 고려	후보조치 고려 및 결정 예) 국가실행계획(NAP), 연료 탄소집약도, 온실가스 전과정평가, R&D 등					
중/장기후보조치 및 장애요소 고려활동	구체적 제안요청	장애요소 식별 및 해결을 위한 제안사항 고려		중/장기 후보조치 개발을 위한 개선사항 및 일정 수립 (2023년 후 계속)				
국가별 영향	구체적 제안요청	절차 확정	초기전략을 고려한 세부 조치별 영향 평가					
제4차 IMO GHG Study	범위 (Scope)	연구 착수	중간 보고서	최종 보고서				
역량강화, 기술지원 및 연구개발	영향 평가 및 조치 이행 지원을 포함한 행동 개발 및 실행							
최종전략 개발을 위한 추가활동	MARPOL 부속서 6 제22A규칙(IMO DCS)에 따른 선박 연료유 소비 데이터 수집		IMO DCS 데이터 및 기타 관련 정보를 고려한 초기전략 개정작업 착수				개정전략 채택	

제2절 국외 선박 온실가스 감축 대응현황

1. 정책동향

1) 유럽연합

2013년 EU는 해운업계의 온실가스 배출량 감축을 위해 EU 전략 (Strategy)을 수립하였다. 본 전략의 목표는 2050년까지 온실가스를 1990년 대비 80~95% 줄이는 것이다. 유럽에서는 장거리 화물 운송의 90%, 단거리 화물 운송의 40%는 선박이 운송하기 때문에, 선박이 환경에 미치는 영향을 크다고 판단하고 있어 과감한 온실가스 감축 목표를 수립하였다.

EU Strategy는 ‘유럽항만을 이용하는 대형 선박의 이산화탄소 모니터링, 보고 및 검증’,¹¹⁾ ‘해운 부문의 온실가스 감축 목표 설정’, ‘중장기 추가 조치 마련’의 총 3단계로 구성되어 있다. 특히 이산화탄소의 모니터링은 IMO 차원에서 데이터수집시스템(DCS: Data Collection System, 이하 DCS)이 가동되고 있어, 유럽경제구역 항만에 입항하는 선박은 EU Strategy와 IMO에 따라 온실가스 배출과 관련한 정보를 보고해야 한다.

또한 2017년 3월, EU의 해운 관련 정책 결정을 위해 ‘EU 해운관계 장관회의’에서 발레타 선언을 채택하여 경쟁력 제고, 디지털화, 저탄소 분야에 대해 우선적으로 정책 개발하기로 결정하였다. 특히 저탄소 분야에서는 IMO 규제를 적극 지지하기로 결정하고 액화천연가스(LNG: Liquefied Natureal Gas, 이하 LNG) 병커링 장려, 인센티브 제도를 개발하기로 결정하였다.

2) 영국

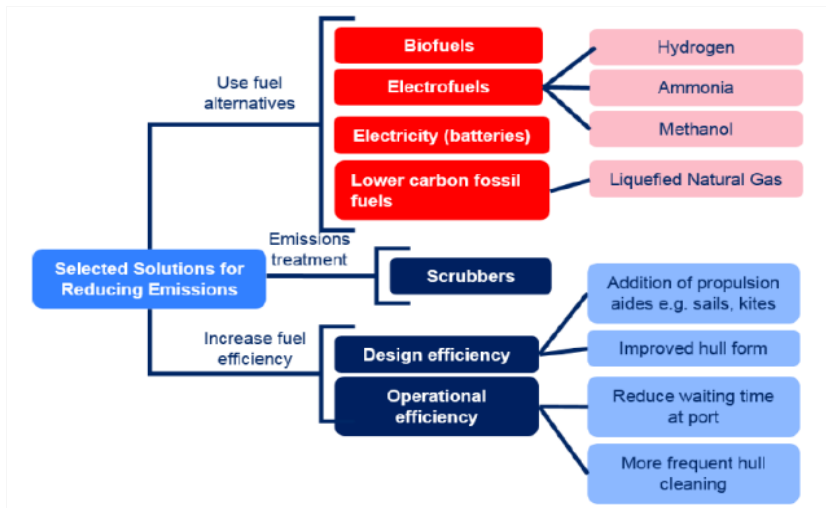
영국의 온실가스 감축 정책방향은 영국 교통부가 발표한 해양분야 중장기 발전 로드맵의 환경분야에 담겨있다. 단기정책으로 ‘오염 저감 기술 적용 시 인센티브 도입’, ‘온실가스 모니터링 강화’가 있으며, 중기정책으로 ‘연안의 수소추진 선박 지원’, ‘온실가스 시장기반 조치(MBM) 적용’이 있다. 그리고 장기정책으로는 ‘IMO GHG 감축 전략 지원’ 및 ‘개발도상국에 환경보호 시설 지원’이 포함되어 있다.¹²⁾

11) 2018년 1월 1일부터 유럽 경제 지역의 항만에 입항하는 총톤수 5,000톤 이상의 대형 화물선 또는 여객선은 이산화탄소 배출량 및 기타 관련 정보를 보고해야 함.

12) MARITIME 2050(2019), pp.167-170

한편 대기오염 물질 및 온실가스 감축을 위한 방안으로 ‘화석연료의 사용 축소 및 대체연료의 사용 증대’, ‘오염 물질장치의 적용’, ‘연료유 사용에 따른 에너지효율 증대 방안 강구’를 제시하고 있다.

〈그림 2-8〉 영국 선박연료 정책



자료: MARITIME 2050(2019), p. 158

3) 노르웨이¹³⁾

노르웨이는 정부 정책백서에 따라 새로운 배출규제 정책(New emissions commitment for 2030-a common solution with the EU)을 제시하였다. 노르웨이 정부는 조선·해양플랜트 산업의 친환경 Zero-emission 또는 저공해 정책을 통해 온실가스 배출량을 줄이고 해운산업 전체에 이익이 될 것이라 판단하였다. 그리고 배출규제 정책에는 여객·화물 운반선박의 현대화 및 친환경 기술 활용을 장려하고, 친환경 기술개발 활동에 예산을 지원하는 정책이 포함되어 있

13) 노르웨이 대사관(2018), pp.1-4

다. 또한 2016년 노르웨이 의회는 탄소중립에 대한 기준을 2050년에서 2030년까지로 20년 앞당기는 수정 법안을 최종승인한 바 있다. 이 법안은 자체적인 감축 목표와 함께 탄소배출권을 구입하여 상쇄하는 방안이 포함되어 있다.

노르웨이 정부는 2019년 5월, IMO와 함께 'IMO-Norway Green Voyage 2050'을 체결하여 온실가스 배출을 줄이기 위한 초기전략을 지원하는 프로젝트를 시작하였다. 프로젝트는 초기전략 수립을 위한 지식공유 프로젝트이며, 2050년까지 2008년 대비 온실가스 배출량을 50% 이상 감축하기 위한 지원을 목표로 한다.¹⁴⁾

4) 독일¹⁵⁾

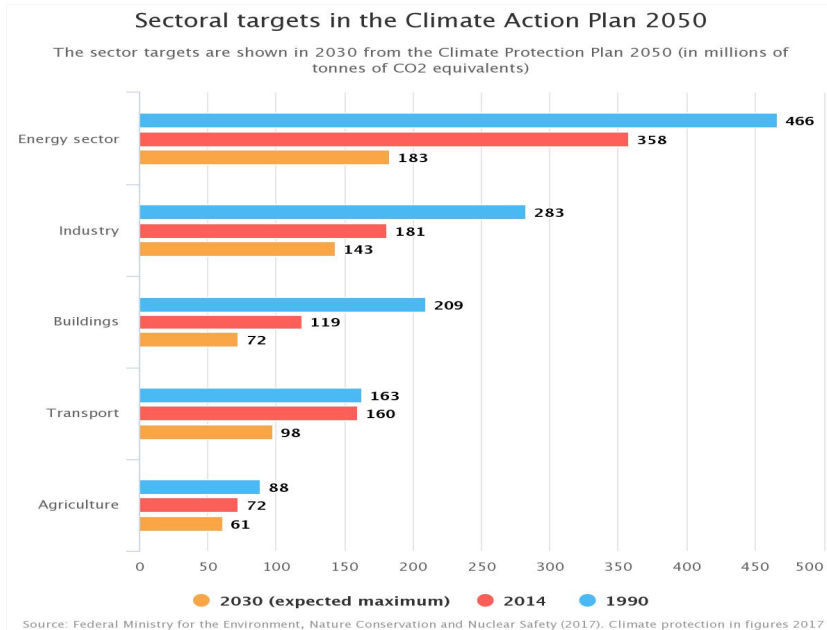
독일정부는 2016년 11월 2050 기후 행동계획(Climat Action Plan 2050)을 채택하였으며, 독일은 파리 협약에 따라 온실가스 배출 저감을 위한 장기 전략을 UN에 제출한 최초의 국가이다. 해당 계획에 따르면 2050년까지 사회 다방면 온실가스 중립을 장기 목표로 두고 있으며, 1990년 대비 2030년까지 온실가스 배출량을 최소 55% 줄이는 것을 중기목표로 설정하였다.

더불어 독일 연방 경제에너지부는 Maritime agenda 2025을 통해 해양산업의 지속가능성을 위해 친환경선박 연료와 선박 동력 기술 등의 도입을 촉진할 계획을 제시하였다. 계획을 통해 독일 해양산업 전반을 강화하는 통합정책을 제시했으며, 해양산업 경쟁력을 강화하기 위해 정부의 역할을 제시, 경제성장, 고용창출, 친환경을 목표로 하는 9가지 세부 전략과 10대 방안을 도출하였다.¹⁶⁾

14) Ship Technology 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

15) BMU 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

〈그림 2-9〉 Climate action plan 2050 부문별 목표



자료: BMU 홈페이지(검색일 2020. 10. 24)

5) 스웨덴

스웨덴은 전체 운송 산업의 온실가스 배출을 감축하기 위해 Climate Roadmap 2050을 제정하였다. 해당 로드맵은 2030년 최소 30%의 온실가스 배출 감축을 목표로 두고 있으며, ‘선박 기술에 대한 투자’, ‘대체연료 또는 정화 시스템에 투자’, ‘선박 에너지 관리 시스템에 투자’ 등의 내용을 담고 있다. 2050년 목표는 온실가스 배출량 0으로 Zero Vision을 설정했으며, ‘운송 시스템의 프레임워크 변경 및 재구성’, ‘화석연료 대체 신재생 에너지 사용’, ‘운송 시스템 이해관계자 간 협력 강화’ 등의 내용을 담고 있다.

16) KOTRA 해외시장뉴스(검색일: 2020. 10. 24)

6) 미국

미국은 항만 위주의 선박 온실가스 배출 감축 정책을 시행하고 있으며, 1999년부터 선박용 디젤 배기가스 배출을 규제해 왔다. 2011년 6월 EPA와 미국해경청은 IMO MARPOL Annex VI 시행을 위한 MOU를 체결하고 선박 연료 보급 시설 감시, 준수 검사 및 기록 검토 등을 수행하고 있다. 또한 벌칙 정책(Penalty Policy)을 통해 선박 연료의 유황 함유량 규제 및 선박 관련 조항 위반에 대한 제재 조치를 발표하였다. 이는 유황 함유량 규제 지역에서 운항하는 선박의 국제 대기오염 요구사항 준수를 강력히 요구하는 정책이다.

항만의 경우 CAAP(Clean Air Action Plan)을 통해 선박, 트럭, 열차, 예인선, 작업선 및 크레인 등 모든 하역장비 및 화물처리 인프라에 대하여 항만 미립자 물질의 85%, 질소산화물의 50%, 황산화물의 95% 배출 감축 달성한 바 있다. 그리고 Clean Port USA를 통해 IMO와는 별도의 강력한 환경규제 정책을 시행 중이다.

7) 일본¹⁷⁾

일본 국토교통성은 2018년 10월 국가 경제·산업의 발전 및 국민 삶의 질 향상을 위한 항만 역할과 항만정책의 방향성을 종합하여 포함한 ‘Port 2030’ 계획을 발표하였다. 계획에서 일본항만이 수행해야 할 역할은 Connected Port, Premium Port, Smart Port로 제시하였다. 그리고 8가지 정책방향 중 항만·물류활동의 그린화가 포함되었다. 이러한 정책은 세계적인 현황에 따른 것으로 해상풍력 발전 도입, 선박·하역·수송 기계의 저탄소화, AMP 도입 등을 통한 ‘카본

17) 国土交通省 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

프리 항만'을 실현하는 것이다. 그리고 일본은 세계 최대의 LNG 수입국으로 주요항만에 LNG 기지가 다수 입지한 강점을 바탕으로 싱가포르와 연계 네트워크를 구축한 'LNG 병커링 거점' 형성도 제시하였다.¹⁸⁾

8) 중국

중국은 친환경 정책에 후발주자지만, 정부차원의 육성책을 통해 환경 규제 강화에 따른 IMO 대응능력 제고에 초점을 맞춰 정책을 마련하고 있다. 특히 IMO 및 국제기구에서 주관하는 환경분야 국제협력프로그램(GloMEEP 프로그램) 주도국가, GSMMP(Global Studies and Monitoring of Marine Pollution) 연구 주도, ISO TC8 (Ships and marine technology) 기반 선박 해양분야 표준화 기술개발 주도, GHG 관련 개도국의 입장을 넘어 선진국의 입장으로 안건 주도 (CBDR와 NMFT의 조화), MARPOL ANNEX 4장 개정 참여 등)에 적극 참여하고 있다.

지난 2016년 9월 중국은 파리협정을 비준하고 UNFCCC에 목표(비화석 에너지원의 점유율을 약 20%로 증가, 2030년까지 국내총생산(GDP: Gross Domestic Product, 이하 GDP)의 탄소 비중을 2005년 수준보다 60~65%로 낮춤, 2005년 수준에 비해 산림을 45억 입방미터 증가)를 제출하였다. 또한 '2020년까지 GDP 단위당 GHG 배출량을 2005년 수준보다 40~45% 줄임', '1차 에너지 소비에서 비화석 연료의 점유율을 2020년까지 약 15%로 증가', '2005년 대비 2020년까지 삼림 면적 4천만 헥타르, 산림 저장량 13억 입방미터 증가'와 같이 2020년 서약을 하였다.

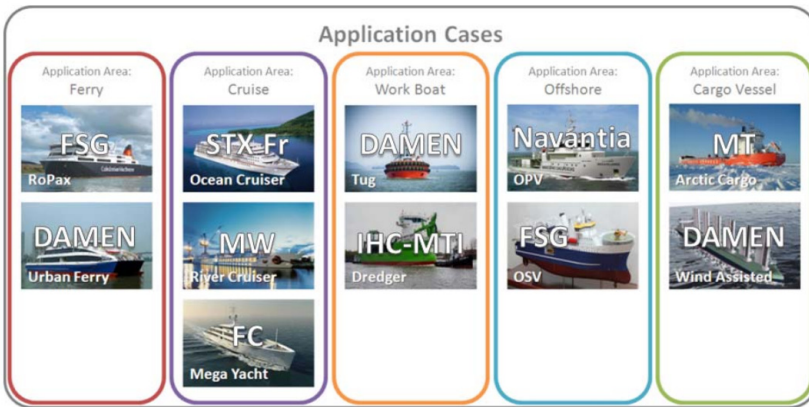
18) 한국해양수산개발원(2018), pp.62-78

2. 친환경선박 개발 동향

1) 유럽연합

EU의 JOULES 프로젝트는 FP7(Framework Program 7)의 지원 하에 유럽 건조 선박의 대기오염물질 배출감축을 목표로 두고 있다. 프로젝트에는 MARINE, Rolls-Royce 등 39개의 연구기관이 참여하여 온실감축을 위한 미래형 11개 선종에 대한 현재 기술을 평가하였다.

〈그림 2-10〉 기술 평가 적용 선박의 종류



자료: JOULES(2017), p. 21

11개 선종에 대한 적용의 공통 목표는 지구 온난화 가능성 감소이다. 그리고 각 선종에 대한 2025년도와 2050년도 감소 목표를 설정하였다.

그리고 선박에너지 수급 모형을 구축하고 현재 사용하는 연료에 대한 환경영향평가를 실시하여 대표적인 11개의 선종에 대한 결과를 제시하였다.

〈그림 2-11〉 JOULES 프로젝트의 온실가스 감소 목표

Application Areas	Application Cases	2025	2050
Ferry	Ro-Pax	20%	80%
	Urban Ferry	25%	70%
Passenger Ships	Ocean Cruiser	40%	70%
	River Cruiser	15%	80%
	Mega Yacht	15%	30%
Work Boats	Tug	20%	40%
	Dredger	25%	40%
Offshore	OPV	20%	40%
	OSV	20%	40%
Cargo	Arctic Cargo	20%	40%
	Wind Assisted	35%	50%

자료: JOULES(2017), p. 21

〈그림 2-12〉 11개 선종의 주요감축 방안과 감축 잠재량

Colour Code																	
		Renewables		Primary Converters			Secondary Converters		Energy Storage Systems		System Integration		Alternative Fuels		Other measures		GWP Reduction
	n/a	Wind	Solar	Diesel Engine	Gas Engine	Gas Turbine	Fuel Cell	WHR Systems	Battery	Flywheel	System Integration	Alternative Fuels	Other measures	Project goal	Result achieved		
2025	ROPAX													20%	18%		
	Urban Ferry													25%	50%		
	Ocean Cruiser													40%	47%		
	River Cruiser													15%	29%		
	Mega Yacht													15%	6%		
	Tug													20%	28%		
	Dredger													25%	26%		
	OPV													20%	20%		
	OSV													20%	37%		
	Arctic Cargo													20%	21%		
Wind assisted													35%	28%			
2050	ROPAX													80%	90%		
	Urban Ferry													70%	100%		
	Ocean Cruiser													70%	70%		
	River Cruiser													80%	94%		
	Mega Yacht													30%	17%		
	Tug													40%	87%		
	Dredger													40%	80%		
	OPV													40%	59%		
	OSV													40%	55%		
	Arctic Cargo													40%	56%		
Wind assisted													50%	82%			

자료: JOULES(2017), p. 25

2) 영국

영국은 스마트-친환경선박개발을 적극 추진 중이며, 풍력, 하이브리드 선박, LNG 추진선, 수소추진 선박 개발을 진행 중이다. 특히 LNG 추진선의 경우 2017년 이밍엄(Immingham) 항만에서 영국 최초 LNG 벙커링을 수행한 바 있으며, 사우샘프턴(Southampton), 티스포트(Teesport) 등 영국 주요 항만에 LNG 벙커링 인프라를 구축하였다. 그리고 수소추진 선박도 여러 프로젝트가 진행 중이며, 대표적으로 'HyDIME project', 'Hydroville project', 'HySeas III project', 'Hydrogenesis호 project' 등이 있다.¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾

〈그림 2-13〉 영국 수소추진 선박 개발



자료: h2-view 홈페이지(검색일 2020.10.12)

- 19) HyDIME project: Ferguson Marine Engineering 회사가 주도한 프로젝트로 기존의 페리선에 사용 가능한 수소/디젤 이중 연료 분사 시스템을 개발
- 20) Hydroville project: 수소추진 쌍동선으로 영국 로이드 선급으로부터 최초 승인받은 사계최초의 수소 추진 엔진을 장착한 여객선
- 21) HySeas III project: 2020년 완성 목표의 수소 추진 카페리선 건조 프로젝트
- 22) Hydrogenesis호 project: 12kW 용량의 연료전지를 동력으로 사용한 수소 동력 여객선, 6~10노트로 운항 가능

3) 노르웨이²³⁾

노르웨이는 친환경선박 및 대체연료 공급시설 개발을 위해서 Green Shipping Programme을 추진하고 있다. 정부와 DNV-GL, 산업계는 친환경 대체연료 공급시설 개발, 차세대 해상 실증 등을 위한 5개(Cargo Ferry plug-in hybrid, Next-generation green shuttle tanker, Hybrid ocean farming vessel, Conversion of cargo carrier into battery-hybrid LNG carrier, Pioneering green port project)의 시범프로젝트를 계획하였다. 한편 노르웨이는 2015년 2월 전기추진 선박인 Ampere호의 운항을 시작했으며, 1MW급 배터리가 탑재되어 있어 자동차 120대 및 승객 360명의 동시수용이 가능한 크기이다. 노르웨이 서부 내륙지역 7km 구간을 운항 중에 있다.

또한 수소연료전지 선박의 경우 2009년 노르웨이 및 독일 공동 산업 프로젝트를 통해 330kW급 MCFC 연료전지 시스템을 개발했으며, 7,000시간 이상의 성능검증을 완료하였다. LNG 추진선은 2000년 첫 운항을 시작했으며, 2018년 기준으로 총 21척이 실제로 운항 중에 있다. 그리고 세계 최초로 300kW의 전기모터 2대를 이용한 100% 전기로 추진하는 선박인 'Future of Fjords'는 2018년에 운항을 시작했다²⁴⁾.

4) 독일

독일정부는 Maritime Agenda 2050을 지원하기 위해 'Innovative Shipbuilding to safeguard competitive jobs'를 운영하여 해양연구

23) DNV-GL 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

24) Offshore Energy 홈페이지(검색일: 2020. 10. 12)

개발 자금지원 등 조선업계의 자발적인 혁신을 지원하고 있다.²⁵⁾ 그리고 다양한 친환경선박 개발 프로젝트를 진행하고 있다.

〈표 2-11〉 독일의 친환경선박 개발 프로젝트

정책명 (프로젝트)	주요내용
MethaShip Project	독일정부 주도의 연구과제로 RoPax 선박, 크루즈 선박을 대상으로 메탄올(Methanol)이 대체연료로서 사용가능한지 검증하는 프로그램 개발
e4ships	수소 및 연료전지 기술을 활용한 독일의 주요 조선소, 해운 회사, 연료 전지 제조업체 및 선급 협회가 참여하고 독일 정부가 지원하는 협력 벤처사업 해상 선박에서 연료전지를 사용하여 온실가스 및 각종 유해 물질의 배출을 실질적으로 줄이는 목표를 설정
PA-X-ELL Project	MEYER WERFT의 주도하에 수행, 다양한 응용 분야에서 고온 PEM 연료 전지의 사용을 테스트, 프로젝트의 목표는 연료전지를 사용하여 여객선에서 장기적인 분산 에너지 생성 (decentralized energy generation)을 달성
SCHIBZ Project	여객선 및 기타 특수 선박의 전력 공급을 개선하기 위한 프로젝트, 연료 전지에 사용 가능한 연료는 메탄올, 천연가스 (CNG, LNG), 디젤 또는 수소 등이 있음
Scandlines project	두 항만 간 운송하는 RoPax 선박 2척에 최첨단 기술 하이브리드 추진장치를 설치하여 연료를 저감하는 프로젝트
Zemships project	독일 함부르크 Alster 지역을 운항하는 수소연료전지(PEMFC) 추진 여객선 Alsterwasser 개발 프로젝트 여객선은 100kW(약 130마력)으로 연료전지에서만 5kW 이상의 전력으로 구동되며 350bar 압력탱크에 50kg 수소저장 시 약 3일간 운항이 가능
RiverCell/ELEKTRA project	수소연료전지를 적용시킨 예인선 개발 및 타당성 조사 프로젝트
전기추진선 개발 project	Siemens사 주도의 5~30MW급 선박추진 모듈 개발 프로젝트

자료: 선박해양플랜트연구소 · 한국해양교통안전공단(2019), pp.157~162의 자료를 바탕으로 하여 저자 작성

25) EIBIP 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

5) 미국

미국의 Hornblower Cruise & Events가 하이브리드 여객선 건조 프로젝트를 시작하였으며, 풍력, 태양력, 수소연료전지를 이용하여 탄소배출이 없는 선박을 개발하는 목표로 시작되었다. 그리고 2008년 승선인원 600명, 최대속도는 12노트의 중형 페리 'New York Hornblower Hybrid'를 건조하였다. 페리는 2012년부터 운항을 시작하였다.

〈그림 2-14〉 New York Hornblower Hybrid



자료: Hornblower 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

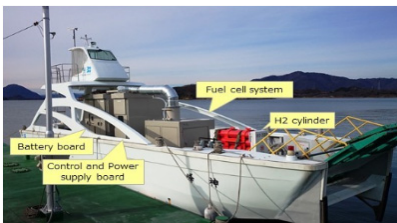
6) 일본

일본 경제 산업성은 수소운반 선박, 수소추진 선박과 관련된 세계 시장이 100조 원 규모로 성장할 것으로 전망하고 있으며, 연간 30조 원의 직접효과와 약 5만 명의 일자리 창출을 예상하고 있다. 이에 따라 일본 전역에 수소 공급망을 2030년까지 구축하여 현재 사용되는 수소의 양을 1,500배까지 확대할 계획을 수립했다.²⁶⁾ 수소를 주 에너지원으로 사용함으로써 이를 운반하는 수소운반선박 및 저장에 대한 매우 높은 수요가 있을 것으로 예상하고 있다.

26) 해양수산부(2019), p.90

특히 수소추진선박은 60kW 수소 연료전지 시스템을 탑재한 선박의 현장 테스트를 수행을 완료하고 수소 연료의 안전 요구 사항을 성공적으로 검증했다.

〈그림 2-15〉 수소 연료 전지 테스트 선박



Test boat: General



Test boat: Electric propulsion

자료: YANMAR 홈페이지(검색일 2020. 10. 12)

그리고 지속적인 수소공급 인프라 구축을 통해 2050년에는 현재 가격의 약 1/5 수준의 수소 생산비용을 목표로 하고 있어 수소추진 선박 개발에 힘이 실릴 것으로 보인다.

그리고 2016년 가와사키중공업 등 4개사(가와사키중공업, 이와타니산업, 전원개발, 셀재팬)는 기술연구조합 ‘CO₂ Free 수소 서플라이 체인 추진기구(HySTRA, CO₂-free Hydrogen Energy Supply-Chain Technology Research Association)’을 설립하였다. 또한 수소 생산을 위한 갈탄가스화 기술을 개발하고 가와사키중공업, 이와타니산업, 셀재팬이 공동으로 액화수소의 해상 수송과 하역기술의 개발을 담당하고 있다. 가와사키중공업과 셀재팬은 공동으로 액화수소 운반선 개발을 담당하고 있으며, 2016년 기준으로 액화수소 해상 수송 시스템의 요소기술개발, 수송용 탱크 시스템 개발, 운용 시험의 실시를 마친 상태이다.²⁷⁾

LNG 추진선박은 Sumitomo Corporation, 요코하마-가와사키 국제 항만법인 및 Uyeno Transtech Ltd.가 합작하여 2020년 도쿄만에 세계 최대 규모의 LNG 병커링 선박(총톤수 약 4,100톤)을 운영할 계획이다. 계획대로 진행된다면, 이 선박은 아시아 최초의 연료유와 LNG 연료 모두 공급할 수 있는 병커링 선박이 될 것이며, 향후 LNG 수요 증가에 맞춰 해양 연료유 탱크도 LNG 탱크로 전환이 가능하다.

전기추진선박의 경우 Toshiba 충전식 리튬 배터리로 일본 최초의 하이브리드 충전식 리튬 화물선이 건조되었다. Nippon 철강 그룹의 자회사인 NS Union intra-Navigation Company가 2019년 3월 4일 도쿄에서 공개한 76.19미터 길이의 499톤급 화물선 Utashima에는 2,828개의 배터리 팩이 있으며, 배터리만으로 최대 6시간 운항이 가능하다. 건조 비용은 기존 선박의 약 2배이며, 연료 소비는 2~3% 감소할 것으로 예상된다. 그리고 나가사키 Oshima 조선소에서는 100% 배터리 전기 추진 선박인 'e-Oshima'를 건조했다. 선박의 추진 시스템은 GS Yuasa Corp의 대용량 리튬 이온 (Li-ion) 축전지를 주 전원 공급 장치로 사용(622볼트, 590킬로와트시)하고 길이 35미터, 톤수 340톤 정도이다.

〈그림 2-16〉 일본 전기추진 선박



(a) 배터리 하이브리드 선박



(b) e-Oshima

자료: PBS 배터리 홈페이지(검색일: 2020. 10. 12); Splash 홈페이지(검색일: 2020. 10. 12)

한편 국가 차원의 수소연료 활용 선박 개발 프로젝트를 수행하고 있다. SF-Breeze 프로젝트는 국가연구기관인 Sandia Energy가 수행하고 있으며, 수소연료전지 추진 여객선 개발 및 실증 프로젝트이다. 현재는 설계완료 단계이며, 향후 실증선을 건조할 예정이다. 또한 Water-Go-Round 프로젝트는 미국 친환경선박 연구기관인 GGZEM이 캘리포니아 대기보전위원회와 공동으로 수행 중인 수소페리 개발 프로젝트이며, 샌프란시스코만에 첫 항해를 목표로 현재 건조 중이다.²⁸⁾

제3절 국내 선박 온실가스 감축 대응현황

1. 제2차 기후변화대응 기본계획

제2차 기후변화대응 기본계획은 「저탄소 녹색성장 기본법」 제40조에 의거하여 수립 및 시행되었다. 기본계획은 당초 5년마다 연동되는 계획으로 21년 수립 예정이었으나, '2030 국가 온실가스 감축 로드맵'의 감축목표 및 이행수단 등을 반영하기 위해 조기에 수립되었다.

본 기본계획은 파리협정 목표(지구 연평균 기온 2℃ 상승 억제, 1.5℃ 달성 노력)의 이행을 위한 온실가스 추진 및 기후변화 대응을 신시장·신산업 창출의 기회로 활용하는 '온실가스 감축'을 기본방향으로 두고 있다. 그리고 국민 모두가 참여하는 기후변화 대응 주류화 실현 및 기후탄력성 제고와 취약계층 지원 강화 등의 '기후변화적응' 또한 기본방향이다. 이에 따라 '지속가능한 저탄소 녹색사회 구현'의 비전을 설정하고 '저탄소 사회로의 전환', '기후변화적응 체계 구축',

28) Green car congress 홈페이지(검색일: 2020. 10. 24)

‘기후변화대응 기반 강화’를 핵심 전략으로 두었다.

한편 어려운 온실가스 감축 여건을 극복하고 새로운 기후산업 창출을 위해 과학기술 역량을 적극·활용할 계획으로 탄소저감, 탄소자원화, 기후변화적응, 글로벌 협력 등 4대 기후기술 중점 추진을 통한 기후시장 및 신기후산업 창출 기반을 확대할 예정이다.

〈그림 2-17〉 제2차 기후변화대응 기본계획 비전 및 목표

비전	지속가능한 저탄소 녹색사회 구현		
목표	온실가스 배출	709.1백만톤('17)	⇒ 536백만톤('30)
	적응력 제고	기후변화 적응 주류화로 2°C 온도상승에 대비	
	기반 조성	파리협정 이행을 위한 전부문 역량 강화	
핵심 전략	중점 추진과제		
저탄소 사회로의 전환	① 국가온실가스 감축목표 달성을 위한 8대 부문 대책 추진 ② 국가목표에 상응한 배출허용총량 할당 및 기업 책임 강화 ③ 신속하고 투명한 범부처 이행점검·평가 체계 구축		
기후변화 적응체계 구축	① 5대 부문(국토·물·생태계·농수산·건강) 기후변화 적응력 제고 ② 기후변화 감시·예측 고도화 및 적응평가 강화 ③ 모든 부문·주체의 기후변화 적응 주류화 실현		
기후변화대응 기반 강화	① 기후변화대응 新기술·新시장 육성으로 미래시장 창출 ② 국격에 맞는 신 기후체제 국제 협상 대응 및 국제협력 강화 ③ 전 국민의 기후변화 인식 제고 및 저탄소 생활문화 확산 ④ 제도·조직·거버넌스 등 기후변화대응 인프라 구축		

자료: 관계부처합동(2019), p. 34

〈표 2-12〉 기후변화 4대 분야 중점 기술개발

분야		주요내용
감축	① 탄소저감	①태양전지 ②연료전지 ③바이오연료 ④이차전지 ⑤전력IT ⑥CO ₂ 포집·저장(CCS)
	② 탄소자원화	⑦부생가스 전환 ⑧CO ₂ 전환 ⑨CO ₂ 광물화
적응	③ 기후변화적응	⑩기후변화적응(기후변화 인지, 리스크 파악, 적응력 강화)
	④ 글로벌 협력	우리나라의 우수 기후기술의 개도국진출을 지원하고 기후 변화 대응 관련 국제기구 사업 진출·확대

자료: 관계부처합동(2019), p. 103

탄소저감 분야는 시장전망, 기술경쟁력, 우리나라 주력산업 연관성 및 온실가스 감축 효과를 고려하여 선정된 6대 저감기술(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CO₂ 포집·저장)을 중점으로 지원예정이다.

탄소자원화 분야는 부생가스(CO₂, CH₄)를 원료로 메탄올·에탄올 전환 및 플라스틱 원료 생산을 위한 원천기술 개발 및 실증화를 추진할 예정이며, 13% 이하의 저농도 CO₂와 부산물·폐지 등을 활용하여 그린시멘트, 폐광산 탄산염채움재, 친환경 용지 생산을 위한 기술 또한 확보 예정이다.

기후변화적응 분야는 기후변화 예측·전망, 분야별 적응정책 이행을 위한 기반을 마련할 예정으로 기후변화 영향·피해 예측·평가, 우선순위 부여 등 정책 의사결정 지원 기술 개발과 더불어 기후탄력성 제고를 위한 기술·평가 방법을 마련할 예정이다.

글로벌 협력 분야는 국내 기후기술의 해외 진출 지원 및 국제 기구 사업 진출·확대 추진예정이다. 개도국의 기후기술 현지화를 지원하는 사업 등 우리나라 기후기술의 해외진출 사업을 발굴 및 추진하여 해외 감축분 확보에 기여하고 기후기술센터네트워크 회원기관 확대

및 다변화를 유도하여 개도국 진출을 위한 기술지원 사업을 추진예정이다.

온실가스 감축 계획의 수송부문을 살펴보면, 친환경선박 보급 등 해운부문 에너지효율 개선을 제시하고 있다. 특히 공공부문에 LNG 연료를 이용하는 친환경선박 도입 및 인센티브 지원을 통해 민간의 친환경선박 발주를 유도할 계획이다. 더불어 AMP 구축 및 사용 확대 기반을 조성하고 선형 최적화, 저마찰 도료 사용 및 프로펠러 효율개선 등 기존선에 대한 관리를 강화할 예정이다.

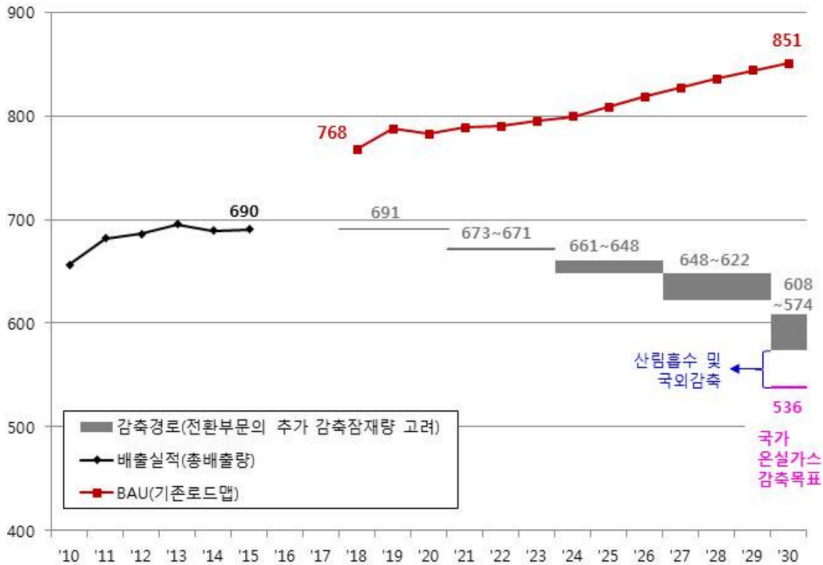
2. 2030 온실가스 감축 로드맵

정부는 기존 로드맵을 수정하여 2018년 7월, 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵을 발표하였다. 이번 로드맵은 온실가스 감축을 위한 구체적이며 명확한 정책시그널을 제공하고, 절대량 감축목표를 설정하여 미래전망이 바뀔 때마다 나타나는 혼선을 방지하였다.

2030년 국가 온실가스 감축목표는 배출량 536백만톤으로 BAU 대비 37% 감축, 2015년 대비 22.3% 감축하는 수준이다. 그리고 감축정책의 예측가능성 제고와 감축목표 이행관리의 강화를 위해 3년 단위 감축경로를 제시하는 것이 특징이다.

수송 부문은 2030년 온실가스 105.2백만톤의 배출을 전망하고 있으며, 2030년 감축 후 배출량 목표는 74.4백만톤이다. 주요 감축수단 중 선박과 관련한 부문은 친환경선박의 보급이다. 친환경선박은 LNG/LPG 연료 추진선박을 도입하고 선형 최적화 및 육상 전원공급

〈그림 2-18〉 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 감축 경로



자료: 관계부처합동(2018), p. 7

장치(AMP)의 사용을 확대할 예정이며, 기존 선박의 경우 선수부 최적화 설계 및 개조, 고효율 프로펠러 설치, 저마찰 선체도료 사용 및 노후선 폐선 유도등의 이행계획을 제시하고 있다.

3. IMO 선박 온실가스 배출규제 대응 중장기 로드맵 수립

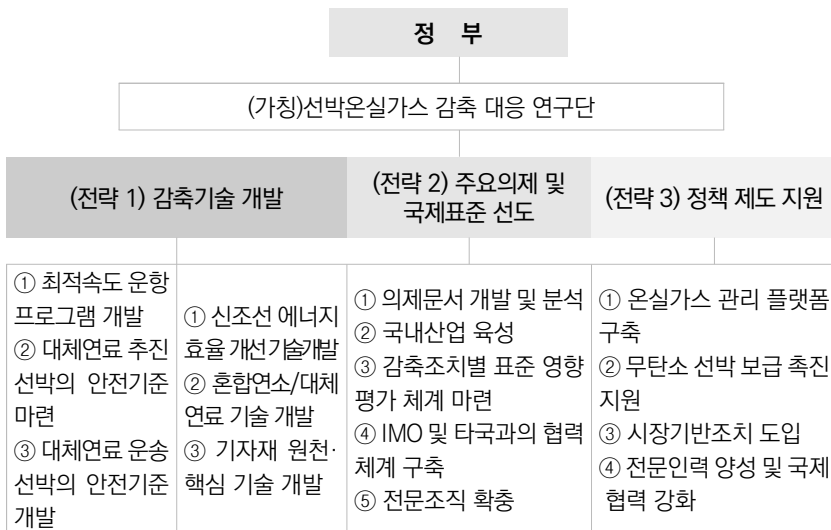
IMO 온실가스 배출규제에 대응한 로드맵의 정부 공식발표는 없으나 로드맵 수립을 위한 연구는 2019년 12월 완료되었다.²⁹⁾ 연구보고서에 따르면, 선박기인 온실가스 감축을 위해 ‘해운·조선 분야 국가 경쟁력 강화 및 글로벌 주도권 확보’를 비전으로 제시하고 있다. 그

29) 선박해양플랜트연구소 · 한국해양교통안전공단(2019), p. 1

리고 비전달성을 위한 추진전략은 'IMO GHG 주요의제 선도 및 대응 체계 구축', 'GHG 감축 혁신기술개발 및 체계 구축', '정책, 법, 제도 개선'이다.

그리고 시기별 감축목표 및 수단을 제시했다. 단기 조치으로 2023년까지 탄소집약도 30% 감축요건 달성을 목표로, 저항감소, 추진효율개선, LNG 등 가스추진 선박 기술개발을 제시했다. 중기조치로 2030년까지 탄소집약도 40% 감축요건 달성을 목표로, 가스추진선박, 혼소연료(가스-수소, 가스 암모니아 등), 연료 전지, 전기추진(부분적 활용)과 같은 중/장기 목표 달성을 위한 기술개발을 제시했다.

〈그림 2-19〉 온실가스 감축 추진체계(안)

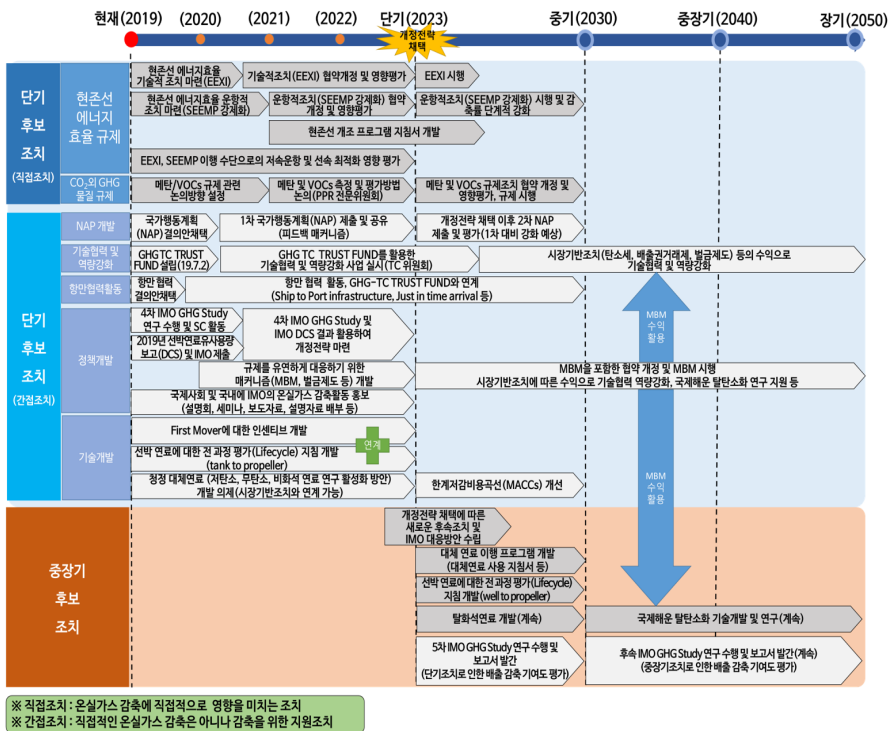


자료: 선박해양플랜트연구소 · 한국해양교통안전공단(2019), p. 197

장기조치로 2050년까지 탄소집약도 70% 감축요건 달성을 목표로, 창의적이고 혁신적인 감축 매커니즘(시장기반조치)을 포함한 수소(내연기관), 연료전지, 암모니아, 바이오, 합성연료 추진선박과 같은 장

기 목표 달성을 위한 기술활용을 제시했다. 전략과제로 제시한 IMO GHG 주요의제 선도 및 대응 체계 구축을 위해 직접조치로 현존선 에너지효율향상을 위한 기술적 조치 및 운항적 조치에 대한 적극적인 대응을 제시했다. 그리고 간접조치로 국가행동계획(NAP: National Action Plan, 이하 NAP) 개발 및 시장기반조치 등의 수익에 의한 기술협력 및 역량강화 등 참여를 제시했다. 마지막으로 중장기 후보조치로 대체연료 평가·이행프로그램 개발 및 선박연료에 대한 전과정 평가 지침개발 등 탈탄소 관련 연구개발을 제시했다.

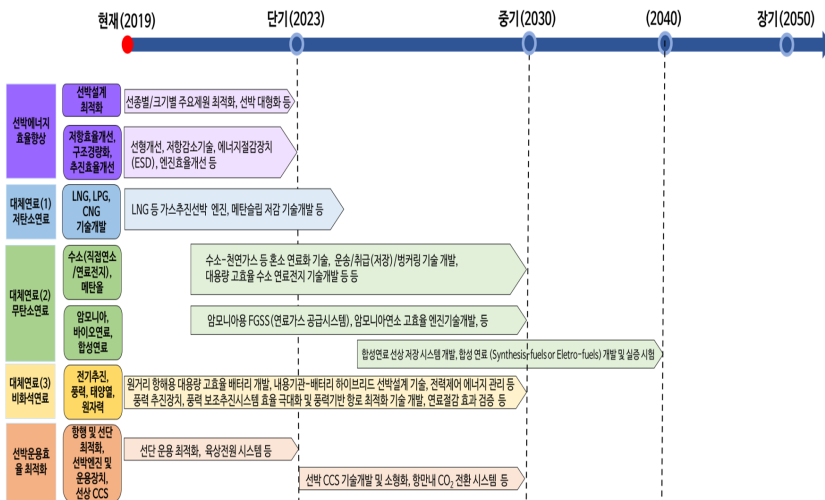
〈그림 2-20〉 IMO GHG 주요의제 선도 및 대응 체계 구축 로드맵



자료: 선박해양플랜트연구소 · 한국해양교통안전공단(2019), p. 221

GHG 감축 혁신기술개발 및 체계구축을 위해서는 선박에너지효율 개선 및 향상, 운항효율최적화(운항패턴 및 기상여건 등을 고려한 운항 최적화, 선박 내 이산화탄소포집 시스템 기술) 기술개발을 제시했다. 그리고 대체연료는 2023년까지 단기적으로 혼소연료 개발이 필요하나 장기적으로는 온실가스가 아예 배출되지 않는 수소, 암모니아, 합성연료 등의 무탄소 연료 추진선박의 개발 및 운항을 위한 기술개발이 필요함을 제시했다.

〈그림 2-21〉 GHG 감축 혁신기술개발 및 체계구축 로드맵

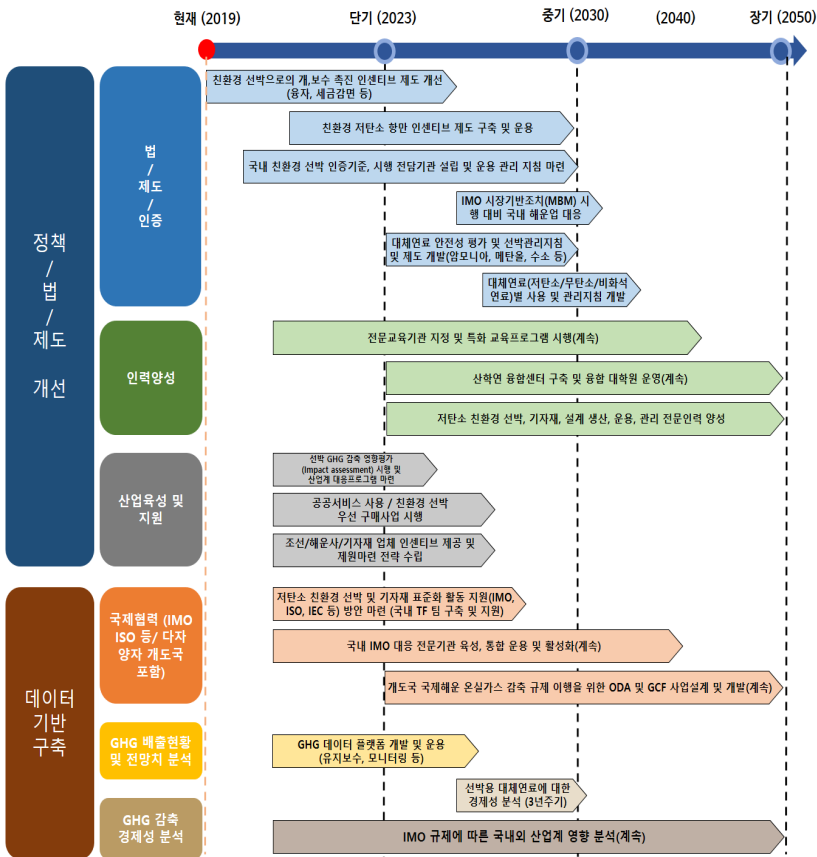


자료: 선박해양플랜트연구소 · 한국해양교통안전공단(2019), p. 222

국내정책추진 전략과제로 저탄소/무탄소 배출 선박의 보급 촉진 지원 방안을 제시하였다. 초기 시장 진입자에 대한 인센티브와 무탄소 연료 추진선박에 대한 초기 투자비 지원, 관공선 및 공공선박 대상 무탄소 연료 추진선박 우선 발주 등이 있다. 그리고 대체연료 관련 전문가 양성 및 관련 전문가관 통합운용 체계를 마련하고 2025년

까지 온실가스 감축량 보고·산정·검증 및 거래 등의 운영체제 마련과 함께 온실가스 관리 플랫폼 구축의 필요성을 제시했다.

〈그림 2-22〉 국내정책추진 (정책/법/제도 개선 등) 로드맵



자료: 선박해양플랜트연구소 · 한국해양교통안전공단(2019), p. 223

또한 향후 친환경·고효율·스마트 선박의 시대가 도래할 것으로 보고 탈탄소화 친환경·청정 대체연료를 이용하고 수소, 연료전지, 배터리 등 에너지 전달장치의 다양화가 필요할 것으로 전망했다.

제4절 분석결과 및 시사점

1. 선진화된 합의의 실천적 이행을 위한 제도 마련

IMO가 수립한 초기전략은 국제해운 분야에서의 온실가스 감축 의지를 담은 선언문이라 할 수 있지만 초기전략을 수립하기까지 과정이 순탄하지 않았다. 비전 문구(개도국의 배출량 zero 표현 반대)나 적용원칙(NMFT 또는 CBDR 원칙) 설정 등에서 회원국 별로 이해관계가 첨예하게 엇갈렸기 때문이다. 특히, 기후변화 관련 정책은 선박 선형, 엔진, 연료 등에 미치는 영향이 크기 때문에 합의가 쉽지 않았다. 선진화된 합의를 통해 초기전략이 수립된 만큼 국내에서도 실천적 이행을 위한 제도 마련이 필요하다.

2. 강화되는 현존선 에너지효율 규제의 영향 최소화

단기 조치 후보군을 살펴보면 현존선 에너지효율 규제가 많이 논의되고 있음을 알 수 있다. 현존선 에너지효율 규제는 기술적 조치와 운항적 조치로 나뉜다. 우리나라는 선진국에 비해 노후된 선박이 많은데 도입될 규제가 신조선이 많은 선진국에 유리한 방향으로 결정된다면 국내 해운사가 입을 타격이 클 것으로 예상된다. 우리나라 선사에 미치는 영향을 최소화하기 위해 규제 논의에 적극적으로 참여해야 한다.³⁰⁾ 국내 해운선사도 현존선 규제 강화조치에 대응하기 위해 도입 가능한 기술적 수단을 자체적으로 평가하여 대응방안을 수립해야 한다.

30) <http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2019120118474432381> (검색일 : 2021.01.13)

3. 항만과 선박과 연계한 온실가스 저감 전략 수립

다양한 국가에서 선박 온실가스 저감을 위한 기술 개발을 추진하고 있다. 온실가스를 배출에 직접 영향이 있는 선박 개별 기술은 물론 선박과 연계된 항만도 저감을 위한 정책이 시행 및 기술개발이 이뤄지고 있다. 특히 영국, 미국 및 일본의 경우에는 친환경선박과 더불어 항만의 친환경정책이 마련되어 있다.

항만의 경우 친환경선박의 연료가 되는 LNG, 수소 등의 병커링을 위한 시설 개발과 선박 접안 시 육상전력을 이용할 수 있는 AMP 시설 등이 있다.

4. 해운분야 온실가스 로드맵 준비

유럽 국가에서는 온실가스 배출 전 분야에 대한 감축 정책과 해양 분야 로드맵을 동시에 제시하고 있다. 반면 우리나라는 해운분야에 한정된 온실가스 로드맵은 현재 사전 연구만 진행된 상태이다. 수송 분야가 전체 온실가스 배출 분야에서 높은 비율을 차지하지 않으나, 해운분야의 경우 우리나라에 한정된 것이 아니라 전 세계와 연결되어 있으므로 온실가스 감축 전략은 국제 동향을 반드시 고려해야 한다. 그러므로 상세 전략 추진을 위해서 해운분야 개별 온실가스 로드맵의 수립이 필요할 것으로 판단된다.

제 3 장

선박 온실가스 감축 조치 및 영향분석

제1절 선박 온실가스 감축 접근방법별 조치 분석

IMO 회원국들은 2019년 5월에 개최된 제5차 온실가스 회기간 작업반 회의(ISWG-GHG: Inter-Sessional Working Group-Green House Gas, 이하 ISWG-GHG)와 제74차 MEPC에 선박에서 배출되는 온실가스 감축을 위한 다양한 조치들을 구체적으로 제안하기 시작하였다. 조치를 제안하는 회원국은 초기전략의 내용대로 조치에 따른 영향평가 결과와 협약문 개정(안)을 제출하여야 하며, 논의를 통해 결정을 하게 된다. 그렇기 때문에 현재 제안된 조치들은 규제로 정하기에 앞서 논의되고 있는 후보들이며, IMO의 온실가스 규제 대응을 위해서는 해당사항에 대한 내용 파악과 영향력을 사전적으로 파악하고 있는 것이 유리하다. 회원국들이 제출한 문서는 조치들의 감축 접근 방식에 따라 정한 14개의 접근방법을 기준으로 분류되었다. 분류된 조치들은 초기전략상의 단기, 중기, 장기의 후보조치들과 연관성이

있다. 특히, 단기 조치는 2018년부터 2023년으로 기간을 설정하여 시간적 여유가 많지 않은 만큼, 회원국들은 2023년 이전에 발효하여 강제화할 수 있는 단기적 조치들을 다양하게 제안하였다.

〈표 3-1〉 단기·중기·장기별 제안된 후보조치

번호	접근방법	제안된 조치의 내용	초기전략 해당사항	이행 시점
1.1	EEDI 프레임워크 기반 현존선의 에너지효율 향상	MARPOL 부속서 6(규칙 20, 21)의 현존선 (2000년부터 인도된 선박) 적용	단기 조치 (4.7.1)	미정
1.2		모든 현존선에 대한 의무적인 에너지 효율지수(EEXI) 적용	단기 조치 (4.7.1)	2022년
2.1	신조선의 EEDI 프레임워크에 대한 추가적인 개발	비전통 추진방식을 가진 선박에 대한 EEDI 개발 및 적용	단기 조치 (4.7.1)	미정
2.2		EEDI의 추가적인 단계 및 비율 도입	단기 조치 (4.7.1)	미정
3.1	SEEMP 프레임워크를 기반으로 하는 현존선 에너지효율 향상	선박 안전관리체계(SMS)의 SEEMP 파트 I 제정 및 의무적 감사 수감	단기 조치 (4.7.1)	미정
3.2		SEEMP에 의무적인 속도 조정 또는 최 대 허용 주기관 연료 소비값 규정 포함	단기 조치 (4.7.1)	미정
3.3		SEEMP에 운항적 지표의 의무적인 계 산 및 목표 설정 등을 포함	단기 조치 (4.7.1)	미정
3.4		SEEMP에 탄소집약지표를 사용한 탄 소집약도 감축 목표기반의 규정 포함	단기 조치 (4.7.1)	미정
3.5		SEEMP에 EEDI 기준선 및 성능지표를 사용한 목표기반의 규정 포함	단기 조치 (4.7.1)	2021년
3.6		SEEMP에 선주가 정한 적절한 운항에 너지효율지표 또는 KPI 포함	단기 조치 (4.7.1)	미정
4.1	적절한 운항에너지효율지 표 식별	운항에너지효율 지표 평가 및 계산 지침 개발	단기 조치 (4.7.2)	미정
4.2		합리적인 결과 산출을 위한 대체 운항 에너지효율지표 탐색	단기 조치 (4.7.2)	미정

번호	접근방법	제안된 조치의 내용	초기전략 해당사항	이행 시점
4.3		해운산업의 탄소집약도 평가를 위한 실현가능한 방법 개발	단기 조치 (4.7.2)	미정
4.4		메커니즘(성능 표시 또는 등급) 벤치 마킹	단기 조치 (4.7.2)	미정
5.1	최적 속도 및 선박 감속 규제 개발	SEEMP 강화를 통한 최적 속도 장려	단기 조치 (4.7.4)	미정
5.2		속도 규정체계 시행(각 EEDI 분류별 속도 목표, 종류, 강화, 처벌 및 특정 상황 고려)	단기 조치 (4.7.4)	2022년
5.3		MARPOL 부속서6에 선종 및 크기에 따른 연간 최대평균속도값 포함	단기 조치 (4.7.4)	2021년/ 2022년
6.1	메탄슬립 감축 규제 개발	목표기반의 메탄슬립 규정 개발	단기 조치 (4.7.5)	미정
6.2		다양한 주기관 기술을 위한 메탄 배출 기준선(Baseline) 개발	단기 조치 (4.7.5)	미정
6.3		CO ₂ 등가 사용 EEDI에 모든 배출물질 반영	단기 조치 (4.7.5)	미정
7.1	휘발성 유기화합물(VOC) 감축 규제 개발	IMO 규정의 휘발성 유기화합물(VOC) 배출 통제 개선	단기 조치 (4.7.5)	미정
7.2		탱커 터미널의 VOC 증기 회수 개선 방안 고려	단기 조치 (4.7.5)	미정
8.1	국가활동계획 개발 권장	국가행동계획 개발 및 최신화에 대한 MEPC 결의문 채택	단기 조치 (4.7.6)	미정
8.2		국가행동계획의 구성 및 내용을 위한 지침 개발	단기 조치 (4.7.6)	미정
9.1	선박 GHG 감축을 위한 항만 개발활동 장려	선박과 항만 개선을 통한 항만효율 향상방안 개발	단기 조치 (4.7.8)	미정
9.2		육상 전기추진시스템에 대한 기술적 지침 완성	단기 조치 (4.7.8)	SSE 까지 미정
10.1	연구개발(R&D) 활동 착수 및 지원	산업, 회원국과 이해관계자가 참여 가능한 R&D 프로그램 개발	단기 조치 (4.7.9)	미정
10.2		GHG/탄소집약도 감축 기술의 효과성 평가 기준 개발	단기 조치 (4.7.9)	미정

번호	접근방법	제안된 조치의 내용	초기전략 해당사항	이행 시점
10.3		실현가능한 저탄소/무탄소 식별 연구 증대	단기 조치 (4.7.9)	미정
11.1	선두 주자를 위한 인센티브 제도	EEDI 조건을 향상시킨 LNG 추진선 고려	단기 조치 (4.7.10)	미정
12.1	모든 연료에 대한	연료의 전주기 온실가스/탄소 집약도 지침 개발	단기 조치 (4.7.11)	미정
12.2	전주기 GHG/탄소집약도	다양한 연료의 배출 데이터베이스 개발	단기 조치 (4.7.11)	미정
12.3	지침 개발	다양한 연료의 GHG 영향 계산 및 탄소 계 수값 할당을 위한 표준화	단기 조치 (4.7.11)	미정
13.1	대체 저탄소/무탄소	대체연료 활용을 위한 장애요소 해결 프로그램 개발	중기조치 (4.8.1)	미정
13.2	연료 활성화를 위한 프로그램 마련	무탄소 및 비화석 연료에 대한 프로그 램 개발	중기조치 (4.8.1)	미정
14.1	신규/혁신적 배출	신규/혁신적인 배출 감축 메커니즘 고려	중기조치 (4.8.1)	2020년
14.2	감축 메커니즘	연간 선대배출상한제(FAEC)와 같은 국제 적 목표기반의 조치 설계	중기조치 (4.8.1)	미정

자료: IMO 문서-MEPC 74/WP.6-Annex 5(2019)의 자료를 바탕으로 하여 저자 작성

조치를 제안한 대부분의 회원국들은 2023년 IMO 온실가스 감축에 대한 초기전략이 개정되기 전에 조기에 적용할 수 있는 조치의 채택을 위해 단기 조치에 대한 의제문서를 많이 제출하였다. 14가지의 접근방법 중 12가지가 단기 조치에 대한 문서로 구성되어 있는데, 동일한 접근방법으로 분류되어 있음에도 불구하고 제안된 조치에 따라 방향의 차이가 있다. 우리나라의 온실가스 감축과 국가행동계획(NAP) 수립에 있어 회원국들이 제안한 조치의 목적과 내용을 비교하는 것이 중요하므로, 접근방법별로 제안된 조치들에 대해 세부적으로 파악해 보았다.

1. 에너지효율 개선

1) 접근방법 1: EEDI 프레임워크 기반 현존선의 에너지효율 향상

(1) MARPOL 부속서6(규칙 20, 21)의 현존선 적용

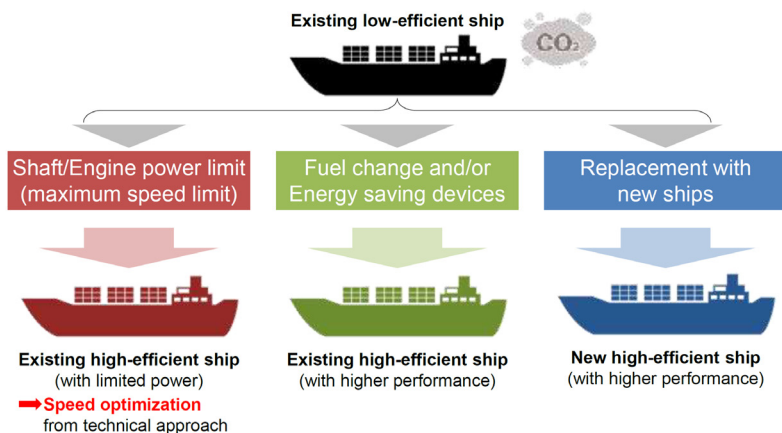
노르웨이는 제5차 ISWG-GHG에서 초기전략에 따른 단기, 중기, 장기별 조치와 기술적 협력 및 연구 개발에 대해 넓은 범주에서 다양하게 제안하였다. 그중에서 현재 시행하고 있는 IMO의 규제하고 있는 ‘선박으로부터 해양오염 방지를 위한 국제협약(International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships, 이하 MARPOL)’ 부속서 6의 제4장 규칙 20과 21을 현존선에 의무적으로 적용할 것을 제안하고 있다. 기존 선종별 EEDI와 허용값을 현존선에 소급 적용하되, 감축률과 고선령선에 대한 예외 조항은 평가되어야 한다고 나타내고 있다. 이는 2030년 온실가스 총배출량의 27%를 차지할 것으로 예상되는 현존선의 EEDI 적용이 온실가스 감축에 상당히 기여할 수 있기 때문이다. 또한, 공평한 적용과 신조선과 현존선의 시장 왜곡을 피할 수 있으며, 선속 규제와 같은 직접적인 속도 규제보다 이미 잘 알고 있는 규제이기 때문에 더 쉽게 강화하고 조정할 수 있다는 장점이 있다.

노르웨이의 제안에 따르면 현존선에 대한 EEDI 적용은 2000년도 이후에 인도되는 총톤수 400톤 이상의 선박(MARPOL EEDI 기준 선박)인 약 22,500척이 가능할 것이다. 또한, 기준선에 대한 EEDI 허용값을 10~20%로 설정한다면, 2030년 탄소집약도의 약 4% 감축에 기여할 수 있을 것이다. 다만, 축동력에 한계가 있는 경우 선속 감소와 항해시간 증가를 발생시킬 수 있다.

(2) 모든 현존선에 대한 의무적인 에너지효율 지표(EEXI) 적용(일본)

일본은 운항에너지효율에 영향을 주는 3가지 요인은 기술, 사업 활동, 외부요소로 구분하였다. 이 중 사업활동과 외부요소는 통제하기 어려운 부분이지만, 기술적인 부분은 통제가능하고 강제화할 수 있기 때문에 목표기반의 복합적인 기술 적용이 현실적임을 주장하였다. 예를 들어 현존선의 모든 교체는 어려우므로 연료의 변경, 에너지 저장장치 추가 적용, 선박 일부 개조 등을 고려해 볼 수 있으며, 주기관 또는 축의 출력 제한은 복잡한 시스템 개조 없이도 에너지효율 향상이 가능하다.

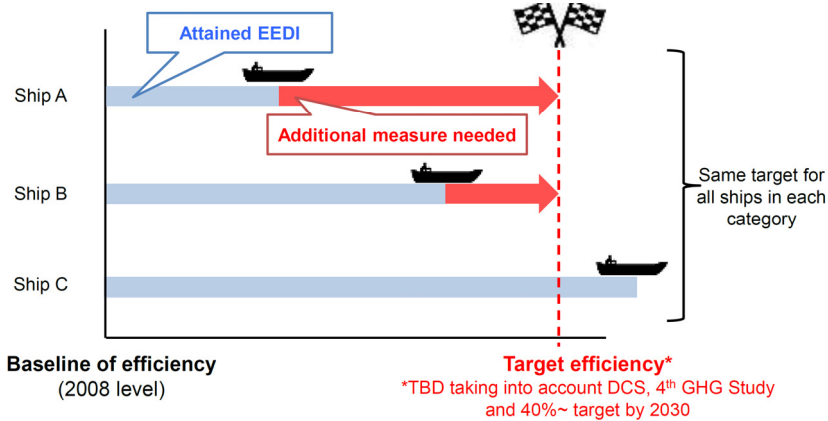
〈그림 3-1〉 저효율 현존선의 개선방법



자료: IMO MEPC 의제문서(MEPC 74/7/2), p. 5

현존선의 주기관과 축의 출력에 따라 에너지효율이 상이하므로, 동일한 목표를 모든 선박에 적용한다면 공평성을 이루어 노력의 정도를 달리할 수 있다.

〈그림 3-2〉 모든 선박에 대한 동일한 목표 설정시 필요한 추가적 조치



자료: IMO MEPC 의제문서(MEPC 74/7/2), p. 6

일본은 먼저 현존선 에너지효율지수(EEXI: Energy Efficiency Existing Ship Index, 이하 EEXI)를 정의 및 개발하여 현존선의 에너지효율 성능을 계산하여야 하며, EEDI 산식을 바탕으로 계산 지침에 대한 개발이 필요함을 언급하였다. 또한, MARPOL 부속서6에 EEXI를 적용함으로써 의무사항으로 설정하고, 각 선박은 상황에 맞게 다양한 방법을 선택 적용할 수 있다. 더 나아가서 각 선박들은 EEDI와 유사한 방식으로 정부 또는 선급과 같은 인증기관의 검증을 통해 국제에너지효율증서(IEE: International Energy Efficiency, 이하 IEE)를 받을 수 있도록 하여 EEXI 조건을 강화시킬 수 있다. 또한, 일본은 협약의 발효와 첫 번째 정기검사 시기를 고려하여, 제안된 조치는 2022년에 채택하여 2024년 발효하고 2029년까지 조건을 충족하도록 하면 2030년 목표를 충족할 수 있음을 언급하였다.

2) 접근방법 2: 신조선의 EEDI 프레임워크에 대한 추가적인 개발

(1) 비전통 추진방식을 가진 선박에 대한 EEDI 개발 및 적용(노르웨이)

MARPOL에 따르면 전통 추진방식은 왕복내연기관에 의해 작동되며 직접 또는 기어 박스를 통해 추진 샤프트에 결합하여 추진하는 방식이며, 비전통 추진방식은 전통 추진 방식 외에 디젤-전기 추진방식, 터빈 추진 방식, 그리고 하이브리드 추진 방식 등을 말한다.³¹⁾

노르웨이는 현재 EEDI 규제는 크루즈선과 LNG 운반선을 제외한 전통 추진방식을 가진 선박에만 적용해 왔지만, 앞으로는 비전통 추진방식을 가진 선박에 대해서 적용해야 한다고 제안하였다. 공평한 적용을 위해서는 추진 방식에 상관없이 선종 및 선박 크기에 따라 EEDI 조건을 적용해야 한다고 주장하였다. 또한, 비전통 추진방식 선박에 대한 계산법 개발을 추가적인 기술 및 운항적 조치에 대한 작업 계획에 넣자는 의견은 제63차 MEPC에서 이미 지지된 바 있다.

노르웨이의 문서에 따르면 2016년과 2017년에 인도된 비전통 추진방식의 선박(LNG 운반선 및 크루즈 여객선과 기타 EEDI 범주 내에 속하지 않는 선종 및 사이즈의 선박 포함)은 약 20척이며, 같은 해에 인도된 모든 선박들의 총배출량에서 2%를 차지한다.³²⁾ 비전통 추진방식의 일반적인 증가를 추정하여 고려하면 비전통 추진방식의 선박의 배출량은 2030년에 2%, 2050년에는 3%까지 증가할 것이다. 또한, 노르웨이는 비전통 추진방식의 선박에 대한 EEDI 적용은 선박의 설계에만 영향을 미칠 것이며, 선박의 운항과 승선 중인 선원에게는 영향이 없을 것이라고 평가하였다.

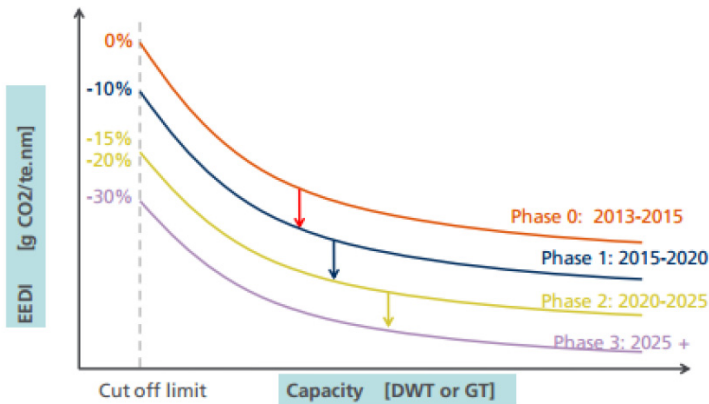
31) MARPOL 부속서 6, 제1장, 규칙 2 -40, 41

32) MARPOL 부속서6, 제4장, 규칙19에 의거하여, 2019년 9월 1일 이후에 인도된 비전통 추진방식의 크루즈여객선 및 LNG 운반선에 대해서는 MARPOL 부속서6의 규칙20, 21이 적용됨

(2) EEDI의 추가적인 단계 및 비율 도입(노르웨이)

현재 EEDI는 0단계(2013년 1월 1일부터 적용)에서 3단계(2025년 1월 1일 이후 적용)까지 합의된 상태이다. 노르웨이는 현재의 EEDI를 더 발전시켜 MARPOL 부속서 6의 규칙 21의 일부로 추가적인 EEDI 단계 도입을 제안하였다.

〈그림 3-3〉 EEDI 단계 및 허용값과 감축 계수의 개념



자료: IMO(2010)

EEDI 프레임 사용은 산업계에 익숙하고 이미 계산방법, 검증 과정 및 메커니즘이 갖춰져 있기 때문에 빠른 개선이 가능하다. 그렇기 때문에 노르웨이는 EEDI 프레임워크 추가는 에너지 저감을 위한 하드웨어와 저탄소 연료와 같은 다른 감축 조치들의 활용을 도모할 수 있을 것이라고 타당성을 제시하였다.

노르웨이는 2025년의 감축 조건을 기존 30%에서 40%로, 2030년에는 50% 설정을 제안하였다. 노르웨이의 문서에 따르면 각각의 새로운 단계와 감축률은 2030년 탄소집약도 5% 감소, 2050년 탄소집약도 13% 감소에 기여하게 된다. 다만, 50% 이상의 단계와 감축률은

탄소 중립적인 연료에 따라 달라질 것이며, 유연한 이행 메커니즘을 함께 고려해야 할 것이다.

제안된 조치는 선박 설계에 초점을 맞추고 있기 때문에 선박 운항에는 직접적으로 영향을 미치지 않을 것이다. 다만, EEDI 조건 강화가 항해시간 증가 또는 선원의 작업을 통한 대체연료 사용을 발생시킬 수 있기 때문에 선속 감소가 필요할 수 있다.

3) 접근방법 3: SEEMP 프레임워크를 기반으로 하는 현존선 에너지효율 향상

(1) 선박 안전관리체계(SMS)의 SEEMP 파트 I 제정 및 의무적 감사 수감(그리스, ICS 등, 사이프러스)

MARPOL 부속서6의 규칙22는 이미 SEEMP가 선박 안전관리체계(SMS: Safety Management System, 이하 SMS)의 일부 형성에 대해 나타내고 있다. 국제안전경영규약(ISM Code: International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention, 이하 ISM 코드)은 항상 환경적 관리책임을 포함하고 있는데, MARPOL 협약이 SMS의 일부로 SEEMP 조항을 만들고 있다. 이것으로 SEEMP는 행정부의 또는 규칙 기반으로 승인된 공인기구로써 시행되는 외부감사를 받게 되며, SMS 감사로서 SEEMP의 조치와 자체평가 과정 이행을 나타내야 한다.

이에 그리스를 비롯한 국제해운회의소(ICS: International Chamber of Shipping, 이하 ICS) 등의 비정부기구와 사이프러스는 감사와 조치 강화는 목표 달성이 아니라 SEEMP의 효과적인 이행 검증에 기반을 두어야 한다고 제안하였다. 특히, ICS는 SEEMP 감사와 안전과 감사의 차이점에 대한 인식을 위해 ISM 코드 지침 재검토를 제안하였다.

선박의 에너지효율은 선박을 운항하는 회사의 환경정책 전체와 연결되며, 회사의 사업적 결정에 상당히 영향을 미친다는 것은 자명한 사실이다. 그러므로 사이프러스는 SEEMP의 파트 I 은 SMS의 일부가 되어야 하며, 그것의 이행은 관련 의무적 대내외 감사를 통해 관리되어야 한다고 제안하였다.

(2) SEEMP 내 의무적인 속도 조정 또는 최대 허용 주기관 연료 소비 값 규정 포함(그리스)

초기전략의 공통적인 목표에 따른 의욕수준은 개별 선박이 아닌 전 세계의 선대에 해당되기 때문에, 모든 선박은 2030년 목표에 대해 기여해야 한다. 그리스는 이러한 목표 달성에 대해 2013년 전에 건조된 현존선도 별도의 예외를 두지 말고 기여해야 한다고 주장하였다.

그리스는 SEEMP를 강화하기 위해 ISM 코드를 통한 SEEMP의 의무화를 제안하였다. 제안의 수행을 위한 방법으로 3가지 단계를 제안하였다.

〈표 3-2〉 그리스가 제안한 3단계 수행과정

단계	내용
1단계	선박 안전경영시스템에 SEEMP 파트1을 제정하여 SOLAS IX장에 해당되는 선박의 SEEMP를 강화하는 제안에 동의 및 채택
2단계	최근 관찰된 실제 가장 낮은 저속 운항에 따라 CO ₂ 배출량 수준을 유지하기 위해 의무적인 속도 조정 또는 최대 허용 주기관 연료 소비방법 동의 및 채택
3단계	조치의 적용 범위 확대를 위한 효과 재검토

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/4/3)

그리스는 1단계로서 선박의 SMS에 SEEMP 파트1 제정을 제안하였다. 지금의 SEEMP 지침은 이미 평가 및 개선과정을 지지하는 내부 메커니즘으로 속도 최적화와 에너지효율 지표의 사용을 포함하고 있다. 또한 기술 지표로서 나타나는 개별 선박의 최소한의 안전 속도에 대한 고려를 포함하고 있으므로, 그리스는 EEDI 규정 하에 건조되는 선박뿐만 아니라 모든 선박의 안전한 운항과 해상에서의 인명 안전을 위해 무엇보다 중요한 최소 출력조건을 강조하였다.

2단계는 선박들의 실제 저속운항에 따른 CO₂ 배출량 유지인데, 이것을 위한 조건을 MARPOL 부속서6의 DCS 규정에 포함하는 것이다. 이 단계에서는 DCS 규정에서 적용하고 있는 총톤수 5천 톤 이상의 선박³³⁾으로 제한하여 시행하는 것으로도 충분하다.

3단계는 2030년 목표와 비교하여 조치의 효과를 재검토하는 과정이다. 가능한 넓은 범주에 조치를 적용하기 위해서 추가적인 검사와 실용적인 방법을 모색해야 한다. 이것은 총톤수 5천 톤 이하의 선박과 선박에서 연료를 소모하는 모든 장비(보조기관 포함)에 조치를 적용할 수 있음을 의미한다.

(3) SEEMP에 운항적 지표의 의무적인 계산 및 목표 설정 등을 포함(노르웨이)

노르웨이는 SEEMP가 의무적인 계산, 운항적 지표의 목표 설정, 의무적인 간행물 또는 검사 등을 포함하여 강화되어야 한다고 주장하였다. 더불어 SEEMP 내에 운항적 지표의 계산과 다른 의무적인 항목들을 포함한다면, SEEMP 코드의 개발도 적절할 것이라는 점을 근거로 언급하였다.

33) MARPOL 부속서6 규칙 22A '연료유 소모량 데이터에 관한 수집 및 보고'

SEEMP는 현재 운항적 조치 중 상당한 감축 잠재력을 가지고 있다. 초기검사를 제외한 SEEMP의 의무적인 후속조치는 없기 때문에 의무적인 계산, 운항적 지표의 목표 설정, 의무적인 간행물 검사는 운항적 조치의 이행을 지지할 것이고, 에너지효율에 지속적인 개선을 확보할 것이다.

노르웨이의 문서에 따르면 2015년에 총배출량의 약 100%를 차지 하였던 약 53,500척의 현존선이 MARPOL 부속서 6의 규칙 22 범위에 포함된다. 또한, SEEMP의 강화는 2030년과 2050년의 탄소집약도를 추가적으로 5% 감축하여, 운항적 조치의 활용을 2배로 가능하게 해줄 것이라고 언급하였다. 그에 따라 선원들은 SEEMP 이행에 책임을 가지게 되므로 업무에 영향을 받게 될 것이다.

(4) SEEMP에 탄소집약지표를 사용한 탄소집약도 감축 목표기반의 규정 포함(사이프러스)

사이프러스는 IMO는 운항에너지효율지표의 선택 또는 새로운 지표의 개발을 위해 기존의 모든 운항에너지효율 지표(EESH, ISPI, AER, EEOI 등) 평가를 제안하였다.³⁴⁾ 또한, 지표를 설명하기 위해 탄소집약지표(CII: Carbon Intensity Indicator, 이하 CII) 용어의 사용 또는 운송업무량당 CO₂ 배출 측정을 위한 지표의 사용을 제안하였다.

특정 선종을 위한 EEDI 기준선 및 평균 탄소집약도는 많은 양식을 가질 수 있으며, 다른 방식으로 계산될 수 있다. 그러나 사이프러스는 CII 기준선이 출력 회귀선을 도출하는 최고의 방법이 될 수 있다고 제안하였다.

34) EESH: Energy Efficiency per Service Hour, ISPI: Individual Ship Performance Indicator, AER: Annual Efficiency Ratio, EEOI: Energy Efficiency Operational Index

따라서 사이프러스는 CII 계산, 운송업무량당 평균 CO₂ 배출을 위한 기준선 개발, 탄소집약도 감축 정도 및 적용범위, SEEMP의 개발을 위한 지침 검토를 제안하였다.

(5) SEEMP에 EEDI 기준선 및 적절한 성능지표를 사용한 목표기반의 규정 포함(덴마크 등)

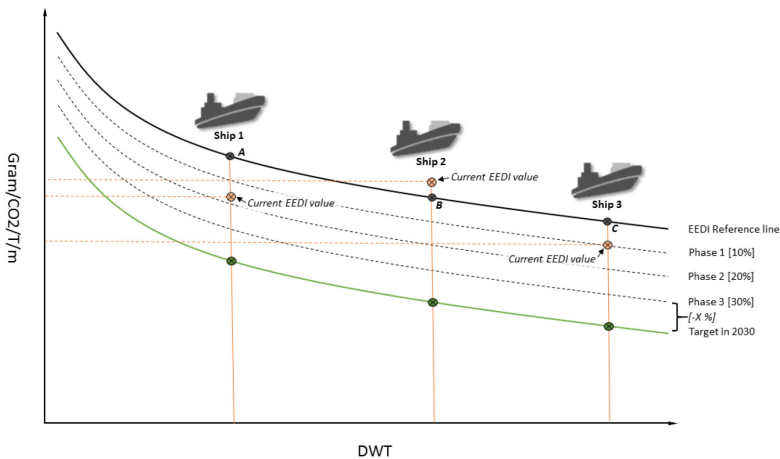
덴마크를 비롯한 공동제출자들은 2030년 상당히 많은 현존선들이 EEDI에 해당되지 않는 단계의 선박이거나 Tier 0, 1단계의 선박이므로 현존선을 대상으로 단기 조치가 필요하다고 주장하였다. 초기전략 목표에 따라 2030년에 적어도 40%의 감축목표를 설정하고 이행해야 하기 때문에, SEEMP 규정에서 에너지효율 필수요건을 만들고 목표기반 접근 체제를 도입하기 위하여 MARPOL 부속서 6을 수정할 필요가 있다고 제안하였다. 또한, 이미 많은 선주가 현존선의 에너지효율을 높이고 온실가스 배출량을 줄이기 위해 상당한 노력을 기울였다는 점을 고려하여 조기 수행자에 대한 보상도 이루어질 수 있어야 한다고 제안하였다.

이 필수요건은 EEDI 이전 선박과 EEDI 적용 선박 모두 동등한 목표를 부여하게 된다. 이를 통하여 해당 목표를 이미 초과하여 수행한 선박은 투자 측면에서 장점을 가지게 되며, 목표 미달성 선박은 선주가 에너지효율을 높이기 위하여 선박을 개조하거나, 선속 감소(축동력 제한)를 통하여 목표를 달성할 수 있다. 이 과정에서 선주들은 선박별로 비용 대비 가장 효율적인 조치를 선택하게 될 것이다.

초기전략에 따라 2008년을 기준으로 40%의 감축목표를 설정하겠지만, 2008년의 개별 선박 배출량에 대한 데이터가 없기 때문에 운송업무량 대비 평균 CO₂ 기준 수립이 어려울 수 있다. 그러므로 선

종 및 크기에 따른 탄소집약도를 설정해야 하는데, 그것은 기존 EEDI 기준선을 기준으로 <그림 3-4>와 같이 설정할 수 있다.

<그림 3-4> 목표기반의 접근을 위한 대용물로서 EEDI 기준선 사용

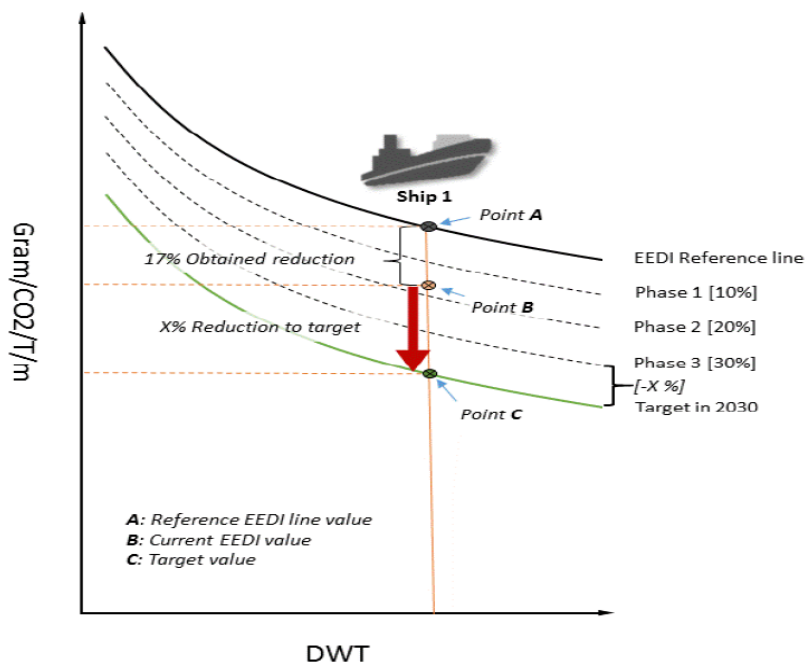


자료: IMO MEPC 의제문서(MEPC 74/7/4), p. 4

덴마크 및 공동제출자의 문서에 따르면 <그림 3-5>와 같이 선박의 기준값이 A지점에 있을 경우, 기준선의 17% 아래인 B지점과 2030년의 최소 40% 목표 달성을 위한 C지점에 도달하기 위해서는 선주가 추가적인 에너지효율 기술을 도입하거나 운항적인 조치를 취해야 한다는 판단을 할 수 있게 된다. 더불어 이러한 결과는 성능 지표로서 문서화되어야 하며, SEEMP의 조건에 따른 검증이 수반되어야 한다고 주장하였다.

또한, 덴마크 등의 국가들은 이러한 감축 조치가 단계적인 도입 과정(2023년, 2026년, 2029년, 2030년별 % 설정)을 거쳐야 한다고 주장하였다.

〈그림 3-5〉 EEDI와 새로운 목표기반의 조치를 통해 필요함 감축량



자료: IMO MEPC 의제문서(MEPC 74/7/4), p. 5

AER(Annual Efficiency Ratio)은 데이터 수집 시스템에서 보고된 값으로 계산할 수 있기 때문에 감축조치 지표로서 적합하다. 그러나 에너지효율성을 입증할 때는 AER 지표의 정확성에 문제가 발생한다. 예를 들어 AER은 실제 화물 적재량 대신 최대적재중량을 사용하기 때문에 적재 조건의 영향을 고려하지 않는다. 따라서 덴마크 등 문서 제출자들은 선박이 어떻게 탄소 집약도를 감축하는지를 보여주기 위해 선박의 생산성을 사용하려는 기업의 경우에는 EEOI를 사용하는 것이 더 정확하다고 주장하였다.

또한, AER/EEOI/그 외 다른 지표 중 선주가 감축조치 지표를 선택할 수 있도록 하는 것을 제안하였다. 그러나 AER이 아닌 EEOI와 그

의 다른 지표가 선택되는 경우에는 감축목표를 조정하고 다시 계산해야 하며 이를 위하여 지침을 수정해야 한다고 언급하였다.

덴마크와 공동 제출자들에 따르면 현존선의 의무적 감축조치는 SEEMP의 의무적 조사를 포함하기 위하여 MARPOL 부속서6의 제5.4조, 에너지효율검사증서에 대한 제9조, 의무적 에너지효율 요건 및 성과지표 수립 추가하기 위한 제22조, 부록 VIII의 개정이 필요하며, 2016 SEEMP 지침 역시 수정이 요구된다. 또한, 현존선의 에너지효율 의무적 감축조치는 MARPOL 부속서6에 따른 조사/인증시스템 내에서 시행되어야 한다. IEE에 SEEMP 요건을 포함할 수 있으며, 주관청에 의해 주기적으로 갱신되어야 하고 PSC 등의 방법을 통하여 주관청과 항만국이 요구사항을 준수하고 있는지 확인해야 한다고 주장하였다. 또한, 목표기반 감축 조치는 선주들에게 합리적인 투자회수 기간을 제공하여 비용효율적인 투자로 이어질 수 있을 것으로 판단하였다. 또한, 해당 조치는 비용 효율적인 조치이기 때문에 모든 선박에 적용될 경우 운송비용이 크게 증가하지 않을 것으로 예상되기 때문에 군소도서국 및 저개발도상국에 큰 영향을 미치지 않음을 언급하였다.

(6) SEEMP에 선주가 정한 적절한 운항에너지효율지표 또는 KPI 포함 (ICS 등)

초기전략의 의욕수준은 2008년 배출 기준선을 정의하는 것이 필요하게 만든다. 그러므로 2008년 운송업무량 배출을 정의하는 것은 필수적이다. 따라서 회원국들은 가능한 한 정확하게 2008년 운송업무량 배출 반영을 고려해야 한다.

ICS를 비롯한 공동제출자들은 선주들이 선박을 위한 적절한 운항

효율지표 또는 핵심성과지표(KPI: Key Performance Indicator, 이하 KPI)를 지정 및 SEEMP 파트 I 에 기록해야 한다고 주장하였다.³⁵⁾ 지정된 운항효율지표 또는 KPI는 2008년 운송업무량 배출 정의를 위해 사용된 지표로 변환될 수 있어야 하는데, 이것은 2008년 운송업무량 데이터로서 같은 지표를 사용하는 출력값을 도출하는 운항적 지표/KPI 또는 SEEMP 파트 I 에서 정의된 환산 계수를 사용하여 대체할 수 있을 것이라고 언급하였다.

따라서 기술적 조치가 적용되거나 낮은 탄소전환계수(Cf)의 연료로 변환하는 선박의 경우, EEDI 계산은 선박의 IEE로 배출 감축을 나타낼 수 있으며 배출 감축 결과는 선박의 운항효율지표 또는 KPI를 사용하여 나타낼 것이다. EEDI 계산이 기술적 조치의 효과를 입증하기 위해 사용된 선박의 경우, 감축된 EEDI값으로써 나타낸 배출 감축 결과는 적절한 운항효율지표 또는 KPI를 사용하여 운항적 조치로 달성된 배출 감축과 함께 종합될 수 있다.

4) 접근방법 4: 적절한 운항에너지효율지표 식별

(1) 운항에너지효율 지표 평가 및 계산 지침 개발(노르웨이)

운항에너지효율지표 식별을 위해서 가능한 지표를 평가하고 계산 지침을 개발하는 것이 필요하다. 지표의 계산은 SEEMP의 일부분으로서 의무화시킬 수 있는데, 이에 대해 노르웨이는 운항적 지표가 의무적인 조건으로 추가적인 개발이 가능한지, 필요한 규정 및 지침 개발이 가능한지에 대해 평가하는 것이 필요하다고 제안하였다.

운항적 지표는 탄소집약도 지침과의 결합을 통해 대체연료를 포함

35) 핵심성능지표(KPI)는 의도된 결과를 향한 진보의 핵심 지표. KPI는 전략 및 운영 개선에 중점을 두고 의사결정을 위한 분석 기반을 만들고 가장 중요한 사항에 집중할 수 있도록 도와줌.

한 선박 설계 및 운항적 조치를 모두 아우를 수 있다. 운항적 지표의 개발은 SEEMP에 대한 조치와 새로운 감축 메커니즘에 대한 조치 모두 해당된다.

노르웨이의 문서에 따르면 2017년 총배출량의 99%를 차지하던 약 49,000척의 현존선이 MARPOL 부속서6 규칙 22의 범위 내에 포함된다. 따라서 본 조치의 2030년 탄소집약도에 대한 영향은 지표가 개발되고 감축조건이 구성되었을 때 평가되어야 한다고 주장하였다. 더불어 운항적 지표를 평가하는 의무는 선원에게 부여하게 된다.

(2) 합리적인 결과 산출을 위한 대체 운항에너지효율지표 탐색(중국)

EEDI는 신조선에 대한 에너지효율지표이며, EEDI 측정값은 관련 IMO 지침에서 정의한 특정 상황에서 계산 및 검증된 단일 상수값이다. 그와 반대로 선박의 운항에너지효율은 특정 기간 또는 운항 상황에 따라 변화하는 항해기간 동안의 운항업무량당 배출된 CO₂의 실제량이다. 선박의 운항 성능은 설계효율 수준으로서 크게 결정되지만, 이것이 EEOI나 기타 다른 지표로 나타낸 운항 성능이 EEDI 측정값으로의 합리적인 벤치마킹은 어렵다. 따라서 중국은 상업적으로 중요한 자료 없이 합리적인 평가를 할 수 있는 운항에너지효율지표 탐색을 제안하였다.

(3) 해운산업의 탄소집약도 평가를 위한 실현가능한 방법 개발(중국)

중국은 2012년부터 2017년도 중국 국적의 외항선을 대상으로 월별 통계자료를 기반으로 선박의 운항에너지효율 성능을 분석하였다. EEOI를 운항지표로 적용하고 통계 기간(t) 동안의 EEOI의 변동률을 $\Delta EEOI_t ((EEOI_t - EEOI_{t-1})/EEOI_t \times 100\%)$ 로 정하여 분석하였

는데, 19,000 TEU의 컨테이너선 시리즈 4척을 대상으로 운항에너지 효율 성능에 대한 실증분석 결과 $\Delta EEOI_t$ 는 매우 높게 나타났다. $\Delta EEOI_t$ 절대값의 70% 이상이 약 10%였으며, 절대값의 반은 20%가 넘고 최고 50% 이상 변화였다. 중국은 이것이 EEOI 월평균 값이 32인 컨테이너선의 다음달 EEOI 월평균 값은 20에서 50까지 다양하게 변할 수 있음을 암시한다고 주장하였다. 또한, $\Delta EEOI_t$ 은 화물중량과 항해속도에 영향을 받으며, 기간도 1개월보다 2개월에서 더 감소되는 경향을 보이는 등 기간 설정에 따라 다른 값을 보였음을 언급하였다.

따라서 중국은 해운산업의 탄소집약도를 평가할 수 있는 합리적이고 실현 가능한 방법을 개발하는 것이 필요하다고 제안하였다.

(4) 메커니즘(성능 표시 또는 등급) 벤치마킹(중국)

선박의 운항에너지효율 성능은 설계 효율과 구분될 수 있는 변동은 필수적인 요소이다. 2가지 성능 간의 내재된 차이는 에너지효율을 개선할 수 있는 부분이다. EEDI의 기준선 감축률은 선박의 운항 에너지효율에 간단히 적용될 수 없다. 성능 표시 또는 등급과 같은 비교적 개략적인 벤치마킹 메커니즘은 상세한 지표보다 더 적절할 수 있다.

선박의 운항에너지효율 성능은 일부 설계효율로 결정되므로, 설계 효율의 개선은 운항 성능에 완전히 배제될 수 없다. 그러므로 중국은 현존선이 EEDI 수준을 충족하기 위해 개조되도록 강제적으로 요구된다면, 종합적이고 심도 있는 비용효과에 대한 평가가 필요하다고 주장하였다. 더불어 초기전략에 따른 해운산업의 탄소집약 감축을 위한 의욕수준이 개별 선박에 동등하게 할당되는 것은 적절하지 않

으므로 벤치마킹보다는 오히려 개별 선박을 위한 해운 요소 또는 해운산업의 탄소집약 평가를 위한 합리적이고 실현가능한 방법을 개발하는 것이 필요하다고 언급하였다.

2. 신규 규제 개발

1) 접근방법 5: 최적 속도 및 선박 감속 규제 개발

(1) SEEMP 강화를 통한 최적 속도 장려(ICS)

ICS와 공동 제출자들은 초기전략이 저속 운항이 아니라 최적 속도를 장려해야 하는 이유에 대해 간결한 요약에 담고 있는 SEEMP 지침을 언급하였다. 선속 감소는 출력과 연료 소비를 감소시키겠지만, 운송을 유지하기 위해 해상 마진(sea margin) 효과와 선박 추가 공급 등으로 결국엔 연료 사용을 더 이상 감소할 수 없는 시점이 오게 된다. 부적절한 선속 감소 의무화는 주요 항로와 도심에서 벗어난 지역에 불리한 영향을 주게 된다.

선박은 다양한 조건을 피하기 어렵거나 강한 해류가 있는 지역의 운항 또는 강한 풍류에 노출될 때, 안전하게 운항할 수 있도록 충분한 출력이 제공되어야 한다. 그러나 주기판의 저부하는 주기판의 특정 연료 소비와 전체적인 출력시스템의 측면에서 효율을 감소시킨다. ICS 및 공동 제출자들은 온실가스뿐만 아니라 다른 오염물질의 배출 역시 감소시켜야 한다는 전체적인 관점에서, 선속 감소는 NO_x, PM과 블랙카본 배출을 증가시킨다는 것을 언급하였다.

의무적인 선속 감소는 시간에 민감한 화물의 경우 교통 전환(modal shift)을 발생시키고 온실가스 배출을 더 많이 증가시키게 된

다. 예를 들면, 시간적 지연에 상당한 영향을 받는 일부 화물은 선박에서 비행기로 이동하게 될 수 있으며, 이것은 더 많은 온실가스를 배출하는 결과를 가져오게 되는 것이다.

기존의 SEEMP 지침은 이미 선속 최적화를 나타내고 있다. 따라서 SEEMP의 강화는 별도 선속 조치에 동의하기 위한 시간 소비를 줄이고 의무적인 선속 제한으로 인한 부정적인 결과를 피할 수 있으며, 행정적인 부담을 감소시킨다. 따라서 ICS를 비롯한 공동 제출자들은 단기 조치로서 선속 최적화를 강하게 지지하며, 신규의 혁신적인 기술과 저탄소/무탄소 연료 채택의 필요성을 주장하였다. 더불어 선속 최적화는 이미 SEEMP 지침으로 포함되어 있기 때문에, SEEMP의 강화는 선속 최적화를 더욱 장려하게 될 것이라고 언급하였다.

(2) 속도 규정체계 시행(프랑스)

조기 조치 후보 중에서도 선속에 관한 규정은 종종 거론되는데, 이유는 최근의 역사가 그것이 효과적임을 이미 입증하고 있기 때문이다. 선사들은 2008년 재정 위기 이후에 전 세계 경제활동의 둔화와 과잉 선대에 대처하기 위해서 선박의 운항속도를 감소하였다. 2014년 제3차 IMO GHG 연구에 따르면 선속의 감소는 선박에 따른 온실가스 배출에 상당한 감소 효과가 있었다. 선박의 운항 속도를 감소하는 것은 선박의 설정을 통한 것이므로 빠른 이행이 가능하며, 온실가스 감축에 상당한 효과를 발휘한다는 장점이 있다.

하지만 선속 감소는 모든 선종에 동일하게 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 프랑스는 최근의 저속운항 경험에 근거하여 EEDI 분류를 반영한 4가지 설정을 고려해 볼 수 있다고 주장하였다.

가. 선속 감소가 가능하며 실제로도 저속 운항을 계속하고 있는 선박 이에 해당하는 컨테이너 선박의 경우에는 선속과 배출 정도와 연관이 있는 기능이 선형적이지 않기 때문에 추가적인 선속 감소는 상당한 배출 감소 효과를 가져오지 않는다. 따라서 이러한 선박들은 EEDI 표준의 3단계로 수정하는 것을 검토해 봐야 한다.

나. 선속 감소가 가능하지만 실제로 그렇게 하고 있지 않거나 하지는 않았지만 더 많이 할 수 있었던 선박

이러한 선박은 주로 경쟁 우위를 잃고 싶지 않은 두려움 또는 계약상의 의무를 이행해야 하기 때문에 선속 감소를 하고 있지 않았다. 이들은 상당한 추가적인 배출 감소 잠재력을 가지고 있기 때문에, 계약상의 의무를 제한하고 선속 감소를 의무화하는 국제적인 규정을 개발하는 것이 필요하다.

다. 기술적인 이유로 선속 감소가 불가능한 선박

여객선과 같은 선박은 선박 활동의 특성상 선속 감소를 할 수 없지만, 선속 감소를 하지 않는다고 현재의 속도 유지를 막을 수도 없다.

라. 선속 감소가 맞지 않는 선박

다른 운송으로 교통이 전환되는 선박의 경우, 결과적으로 불가피하게 온실가스가 더 배출될 수밖에 없다. 이것 역시 선속 감소를 하지 않는다고 해서 속도를 제한하기는 어렵다.

또한, 가와 나 의 경우에서 선속의 감소가 가능하다고 해도 모든 선박은 안전, 항만 통제, 선주의 요구 등과 같은 다양한 이유로 선속을

증가시켜야 하는 상황에 맞닥뜨리게 된다. 프랑스는 이미 무탄소 선박과 최상위 EEDI 기준을 준수하고 있는 선박은 선속 규정에 제외되고 있기 때문에, 해운산업의 다양성을 고려하여 부문별로 조율 및 관리한다면 효과적이고 실용적인 조치가 될 수 있다고 주장하였다.

국제적인 목표 기반의 접근은 규범적인 선속 규정을 대신할 것이며, 이것은 전체 선대를 다루고 기술 혁신에 보상할 수 있을 것이다. 따라서 프랑스는 선속 최적화와 감소에 대해 <표 3-3>과 같이 규정을 위한 단계를 제안하였다.

〈표 3-3〉 선속 규정을 위한 단계적 조치

단계	조치	내용
1단계	EEDI 분류로써 속도 규정체계 정의	- 분류별 목표(선속 유지 또는 감소) - 데이터를 고려한 선속 종류(계속적 또는 평균)선택 - 기술적 또는 법적 수단을 사용한 조치의 강화 - 미준수 선박에 대한 제재 - 신규자 및 특정 상황에 대한 고려
2단계	2023년 이후의 이행	전체 해운의 온실가스 감축의 최고지 달성을 목표로 국제적 목표기반의 조치를 설계
3단계	협약 개정안 제출	MARPOL 부속서6에 대한 개정(안) 개발 및 제출

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/4/11)를 참고하여 저자 작성

(3) MARPOL 부속서6 내 선종 및 크기에 따른 연간 최대평균속도값 포함(CSC)

청정해운연합(CSC: Clean Shipping Coalition, 이하 CSC)은 국제항해 선박의 선종과 크기별 최대운항속도 의무화 개념을 제안하였다. 최대속도에 대한 조치는 2021년 또는 2022년에 발효되어야 하며, 이행을 시작하는 첫해에 기준선에 대한 한도를 정하고 2030년까지

지 기간에 따라 진보적으로 감소되어야 한다.

운항속도에 대한 규정은 속도 제한 기준선의 결정이 필요하며, 선종과 선박의 크기에 따라 평균 운항속도가 다양하므로 단일 최대속도를 모든 선박에 적용하는 것은 문제를 발생시킨다고 주장하였다. 따라서 선종 및 크기별로 속도 기준선과 최대속도 목표를 결정하는 것이 필요하다.

〈표 3-4〉 선종 및 크기별 최대운항속도(-10%) 예시

선종	크기	단위	2015 CO ₂ (tonne)	기준선: 2015년 평균 속도 (knots)	최대속도 예시(knots) : 2015년 기준선의 -10%
컨테이너선	1,000-2,000	TEU	27,214,751	13.60	12.24
	2,000-3,000		20,230,592	13.95	12.56
	3,000-5,000		43,873,447	14.80	13.32
	5,000-8,000		40,864,772	15.44	13.90
	8,000-12,000		42,154,615	15.73	14.16
	12,000-14,500		16,736,899	15.89	14.30
	> 14,500		7,869,424	16.86	15.17
벌크선	10,000-35,000	DWT	19,682,329	11.36	10.22
	35,000-60,000		43,578,730	11.56	10.40
	60,000-100,000		53,102,931	11.56	10.40
	100,000-200,000		36,394,686	11.07	9.96
	> 200,000		17,961,857	11.82	10.64

자료: IMO 의제문서(MEPC 74/7/8)

IMO는 여객선을 포함한 다른 선박들은 제외하고 1,000 TEU 미만의 컨테이너선, 10,000 dwt 미만의 벌크선, 5,000 dwt 미만의 탱커

선, 액체가스운반선, 5,000 dwt 미만의 화물선, 2,000 GT 미만의 크루즈선에 대해 속도 규정을 적용하고 그에 따른 영향평가를 고려할 수 있다.

신선한 과일과 같은 상품들(예: 칠레의 체리, 페루의 아보카도 등)은 특정 냉장선 또는 일반 컨테이너선에 냉장 컨테이너를 통해 수출될 수 있다. 이러한 선박들에 의해 운반되는 상품에 대해 선속 규정이 미칠 수 있는 영향을 최소화하기 위해 규정의 예외를 고려할 수 있다. 단, 특정 수출 시기에 한해서 기존의 속도를 유지할 수 있고 그 외 기간에는 저속으로 운항하여, 연간 평균속도가 허용된 최대기준 이하를 유지하여야 한다.

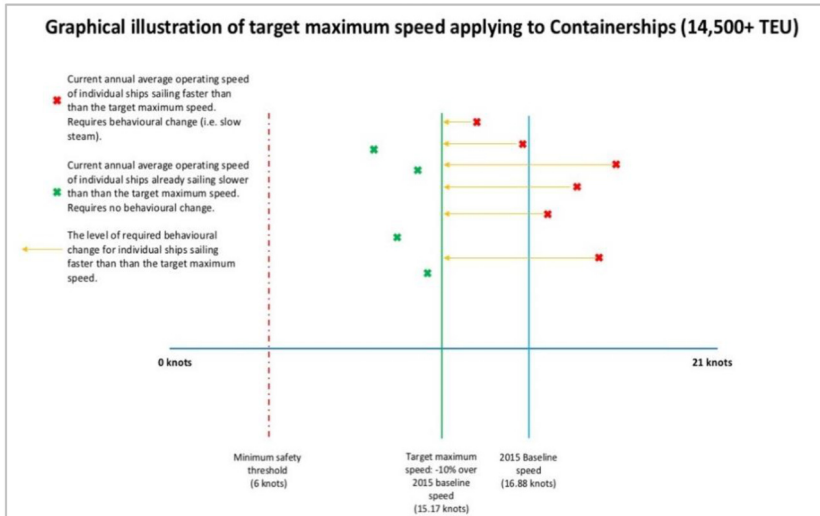
속도 규정은 선속 최적화에 대한 공식적인 IMO의 정의를 고려하여 최대 선속의 설정을 의미한다. CSC는 최적 속도, 선속 감소, 최대 선속에 대한 기술적 설명이 필요하며, 속도 제한 조치와 목표 설정에 대해 제안하였다.

〈표 3-5〉 선속에 대한 기술적 설명

선속 종류	기술적 설명 및 필요사항
선속 최적화 (Speed optimization)	tonne 마일당 최소 연료를 사용하였을 때의 운항속도(SEEMP) → 최적속도를 식별하기 위해서 주기관 제조업체의 출력/소비 곡선 및 선박 추진기 곡선에 대한 기준이 만들어져야 함
선속 감소 (Speed reduction)	각각의 선박이 추가적인 조건 없이 속도 이력과 비교하여 사전에 정의된 비율에 따라 개별적으로 속도를 감소하는 것
최대 속도 (Maximum speed)	선종 및 크기별 평균 선속과 개별 선박의 한계점과 목표 사이의 평균 속도를 기반으로 설정된 속도 한계

자료: IMO 의제문서(MEPC 74/7/8), p. 6을 참고하여 저자 작성

〈그림 3-6〉 속도 한계 목표에 대한 예시



자료: IMO 의제문서(MEPC 74/7/8), p. 6

2) 접근방법 6: 메탄슬립 감축 규제 개발

(1) 목표기반의 메탄슬립 규정 개발(노르웨이, ICS, SGMF)

연료유를 대체할 수 있는 해양연료로서 LNG의 사용은 NO_x, SO_x, 블랙카본과 같은 미립물질의 형성을 감소시켜 대기 질에 상당한 효과를 주어 연안 및 항만에서 공공보건의 장점을 가진다. LNG의 EEDI 계산을 위한 탄소계수는 기존의 경유(MDO, MGO)가 3.206, 중유(HFO)가 3.114인 것에 비해 2.75이다. 따라서 LNG는 낮은 탄소계수와 연료 톤당 높은 에너지 집약도의 결합으로 중유보다 CO₂ 배출에 효과가 있다. 따라서 향후 EEDI의 강화는 LNG 연료의 채택을 장려하게 될 것이다.

그러나 메탄슬립(methane slip)과 같은 메탄의 불완전 연소로 인한 대기 배출은 가스연료 내연기관의 열역학적 주기에 의해 상당히 받

생할 수 있다. 메탄은 CO₂보다 더 많은 온실가스를 유발하는 인자이며, 메탄슬립은 천연가스 연료 사용으로 인한 온실가스 감축 효과를 감소시키기 때문에 결코 바람직하지 않다. 2014년의 제3차 IMO 온실가스 연구에 따르면 CO₂ 등가물로 변환하였을 때, 메탄 배출은 전체 온실가스 배출의 약 1%이다. 메탄은 기후변화를 상당히 유발하는 대기오염물질임에도 불구하고, 제한적인 규정만 존재하고 있다.

이에 따라 노르웨이와 ICS 및 공동제출자들은 이러한 메탄슬립의 위험성을 감소시키기 위해서 IMO가 메탄슬립 제어 및 주기관 증서로써 탄화수소를 위한 배출 기준의 개발을 고려해야 한다고 제안하였다. 예를 들어, NO_x 배출 규정과 비슷하게 주기관 증서 체계와 같은 수단을 만들 수 있으며, 이것은 주기관 국제대기오염방지증서(EIAPPC: Engine International Air Pollution Prevention Certificate) 내에 포함될 수 있다. 주기관별로 다른 하중점의 메탄슬립과 메탄슬립에 대한 배출 제한치에 대한 고려가 필요할 것이라고 주장하였다.

(2) 다양한 주기관 기술을 위한 메탄 배출 기준선 개발(SGMF)

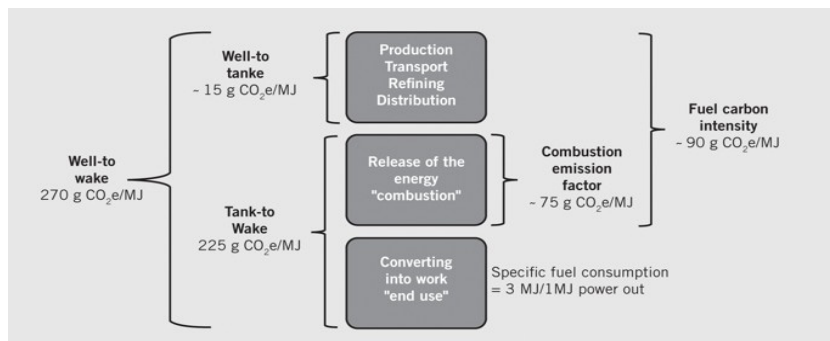
메탄슬립의 양은 출력 주기(중고속의 2행정, 4행정 기관 또는 터빈), 연료(단일 또는 혼합 연료), 연소 주기(오토사이클, 디젤 사이클 또는 보일러) 그리고 운항(기관 속도 및 부하) 등을 포함한 기관 설계에 따라 달라진다. 그러므로 메탄슬립은 중저속의 2행정 디젤 기관의 0.2%에서 혼합연료의 중속 4행정 기관의 2.6%까지 다양하게 배출될 수 있다.

해양연료가스협회(SGMF: Society for Gas as a Marine Fuel Ltd., 이하 SGMF)는 모든 연료의 온실가스 배출에 대한 감축 효과 평가를 위한 전주기 고려가 필요하다고 제안하였다. 예를 들어, 2행정 기관

에 MGO/HFO 사용은 온실가스 배출의 83%를 차지하면서 WtW(Well to Wake) 배출의 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 그해 반해 바이오 LNG는 매립지 또는 다른 폐기물로부터 배출된 메탄에서 생산되는데, 연소 시의 메탄 분자와 동일하고 TtW(Tank to Wake) 기반의 배출 효과와 동일할지라도 기후변화에 미치는 영향은 더 작다. 그것은 메탄이 오염된 바이오매스로서 대기에 방출되는 것 대신 연료로서 포집 및 재사용되었기 때문이다.

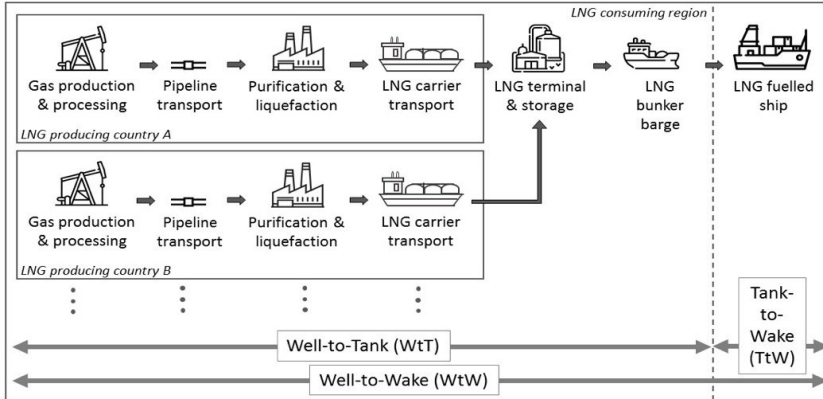
이와 같이 무탄소 및 저탄소 연료의 일관된 평가를 위해서는 특정 연료에 대한 WtW 배출 관련 기준이 필요하다. 그것을 위한 첫 단계로서 해운에 사용할 수 있는 잠재력을 가진 연료의 이산화탄소와 온실가스에 대한 논의부터 시작이 되어야 한다. 이것은 선상의 보조기기 사용을 위한 육상전력, 육상발전기 또는 배터리 충전 등과 같은 설명이 포함되어야 한다. 따라서 SGMF는 다른 주기관 기술 사용으로 배출되는 온실가스에 대해 TtW 기반의 메탄 배출 기준선을 개발해야 한다고 제안하였다. 이것은 메탄 배출량 감소와 효과적인 전체 온실가스 배출을 위한 조치로서 크게 활용될 수 있을 것이다.

〈그림 3-7〉 WtW, WtT, TtW의 개념



자료: Kofod and Mundt(2015), pp. 62-71

〈그림 3-8〉 LNG 추진선의 WtW, WtT, TtW 개념



자료: SEALNG 및 SGMF(2020. 5. 28)

(3) CO₂ 등가를 사용하여 EEDI에 모든 배출물질 반영(SGMF)

의무적인 기술적, 운항적 효율지표인 EEDI와 SEEMP는 2011년에 채택되었다. 그러나 EEDI가 오로지 CO₂ 만 기준으로 하고 있기 때문에 메탄이 고려되지 않은 LNG에 유리할 수 있었다. 그렇기 때문에 CO₂ 등가가 EEDI 계산에 포함될 경우 EEDI는 높아질 수 있다. 또한, 주기관 공급업체들은 LNG추진선이 다른 선박들과 마찬가지로 황산화물 같은 오염물질 최소화 및 최적의 연료 소비를 갖추는 동시에 메탄 배출까지 최소화해야 하기 때문에 실질적으로 온실가스 감소에 어려움을 겪을 수 있다.

온실가스 배출을 해결하는 1가지 접근으로는 NO_x 규정과 비슷한 주기관 제한 설정이 있을 수 있다. 이것을 위해 SGMF는 모든 배출물질에 대해 CO₂ 등가를 고려하여 평가하는 것이 필요하다고 제안하였다. 부가적으로는 주기관 분류와 분류별 기준선 확립을 위한 주기관 배출계수 개발 등이 요구된다. 또 다른 대안은 LNG에 비일관성을

막고 좀 더 포괄적인 접근을 위해, EEDI 기준선의 변경없이 다음 단계에 적용하여 연료소모량(CO₂)과 메탄슬립의 최적화 및 온실가스 총배출량을 감소를 이끌어 내는 것이다. 더불어 SGMF는 메탄 배출을 감소하기 위한 조치들은 기술 중립적 목표기반의 접근을 활용하여 LNG운반선뿐만 아니라 LNG를 사용하는 현존선에 모두 고려되어야 한다고 주장하였다.

3) 접근방법 7: 휘발성 유기화합물(VOCs) 감축 규제 개발

(1) IMO 규정의 휘발성 유기화합물(VOC) 배출 통제 개선(노르웨이)

VOC도 메탄과 마찬가지로 메탄이 기후변화 유발 인자임에도 불구하고, 제한된 규정만 존재한다. 노르웨이는 휘발성 유기화합물(VOC: Volatile Organic Compounds, 이하 VOC) 배출의 통제에 관한 현재 IMO 규정 개선을 제안하였다. 규정의 개선은 기술의 사용과 절차를 통해 배출을 감축하는 결과를 가져올 것이다.

다만, 화물 운항을 통해 발생한 VOC가 선원에 의해 조치되어야 하기에 VOC에 대한 조치는 선원에 영향을 미칠 것이다.

(2) 탱커 터미널의 VOC 증기 회수 개선방안 고려(ICS)

초기전략은 단기 조치 후보로서 VOC의 배출을 해결하는 추가적인 강화 방안에 대한 고려와 분석을 포함하고 있다. VOC는 화물을 선하적하는 동안 배출될 수 있으며, 이것은 증기 회수시스템으로써 쉽게 완화될 수 있다. 대부분의 탱커선들이 이미 증기와 관련한 장비 배치가 제공되어 있음에도 불구하고 대부분의 항만과 터미널은 증기 회수시스템을 가지고 있지 않다. ICS는 적합한 항만 증기 회수 조치

의 개발이 완성되도록 상당한 노력이 요구된다고 주장하면서, 기구는 탱커선 터미널에 증기 회수시스템의 활용 증가에 대한 조치를 고려해야 한다고 제안하였다.

3. 항만 개발활동

1) 접근방법 8: 국가활동계획(NAP) 개발 권장

(1) 국가행동계획 개발 및 최신화에 대한 MEPC 결의문 채택 (중국, 싱가포르, 노르웨이)

NAP는 선박의 온실가스 배출 감축에 대한 국가적인 노력에 대해 회원국들이 IMO에 제출하고 소통하는 자발적인 도구이다. 제출된 NAP는 회원국들 사이에 공유될 수 있다. 중국과 싱가포르는 조기 조치로 NAP가 채택된다면, 모범사례를 축적 및 식별하여 지원이 필요한 사항은 초기전략에 반영될 수 있다고 주장하였다.

재정, 기술, 교육 등의 수요 식별, 영향평가 및 역량개발은 후속조치 프로그램에 포함된 활동의 흐름에 따라 수행될 것이다. NAP는 회원국들이 필요한 수요를 식별하는 플랫폼(platform) 역할을 하게 될 것이다. 특히, 군소도서국가와 저개발도상국의 지속가능한 개발을 위한 잠재적 조치의 영향을 기술할 수 있다. 선원의 교육과 관련된 국가들은 교육 및 훈련에 대한 수요와 선원이 선박의 에너지효율에 기여할 수 있는 방법을 알게 하는 해결책을 식별할 수 있을 것이다.

국가마다 상황이 다르기 때문에, NAP에 포함된 내용 및 활동들은 국가별로 다르다. 예를 들어, 복잡한 항구가 있는 국가는 항만의 온실가스 배출과 대기오염 감축을 위해 육상전력에 초점을 맞추게 될

것이며, 이것은 작은 항만에 많은 선대를 가진 국가의 배출을 감소하는 비용효과적인 접근과 맞지 않을 것이다. 따라서 NAP의 내용들은 유연성을 가지는 것이 필요하다. 또한, 행정적인 부담을 감소하기 위해서 NAP 구조는 간단하게 소량의 문서로 작성하고, 활동계획이 정책적으로 이용되도록 독려되어야 할 것이다.

IMO는 실제 조치와 모범사례의 공유를 위해 국제해운통합정보시스템(GISIS: Global Intergrated States Information System)에 새로운 모듈을 추가하여 회원국들이 자유롭게 NAP 접속 및 제출할 수 있도록 해야 한다. 또한, 중국 및 싱가포르의 NAP의 구성 및 형식의 보다 나은 이해를 돕기 위해서 결의문에 대한 논의와 개발이 필요하다고 제안하였다.

노르웨이 역시 모든 회원국들이 국내·외 해운의 온실가스 배출에 대한 문제를 해결하기 위한 NAP를 개발해야 한다고 제안하였다. NAP는 연구개발 활동, 시험용 프로그램, 대체연료 인프라구조, 항만 활동과 같은 정책 및 전략을 포함할 수 있다. 장애요소를 제거하고 신기술을 확보하게 함으로써 IMO의 의무적인 배출 감축 조치를 보완할 것이며, 국가의 수준에 따라 해결책은 개발되고 이행될 것이다. 또한, 그것은 의무 규정에 포함되지 않은 국내선도 다룰 수 있다.

(2) 국가행동계획의 구성 및 내용을 위한 지침 개발(노르웨이)

노르웨이는 NAP가 IMO의 지침에 따라 개발되어야 하고, 회원국들은 정기적으로 IMO 사무국에 그것을 제출하고 최신화해야 한다고 주장하였다. NAP의 개발 및 이행 과정이 선주, 조선소, 항만, 화주, 금융업자, 선급, 당국을 포함한 해사분야의 이해관계자 사이에 협력을 가능하게 할 것이다. 또한, NAP를 공개적으로 이용할 수 있다면,

회원국들은 해운의 온실가스 감축을 위한 모범사례를 공유할 수 있을 것이라고 언급하였다. 다만, 회원국들은 계획 개발 시 선원에 대한 영향을 고려해야 한다.

2) 접근방법 9: 선박 GHG 감축을 위한 항만 개발활동 장려

(1) 선박과 항만 개선을 통한 항만효율 향상방안 개발(ICS)

해운의 효율은 더 넓은 물류체인의 효율과 연관되어 있으며, 해운의 효율 향상은 항만과 같은 체인의 다른 부분의 효율 강화 여부에 달려 있다. 예를 들면 효율적인 항만에 선속 최적화는 정박, 크레인, 도선사, 예인선, 육지 운송 등과 같은 요소들의 이용가능성이 보장되어야 한다. 항만 최적화의 일부는 국가 내적인 활동계획을 통해 해결될 수 있지만 소통과 계획을 위한 도구 개발에는 IMO의 역할이 필요하다. 항만에서 선박의 배출을 감소할 수 있는 추가적인 조치는 육상 전력공급(cold-ironing)이다. 육상의 전력설비가 저탄소 또는 재생에너지를 사용하는 경우에 온실가스 배출 감소에 기여하게 될 것이다.

하지만 육상전력공급은 정박지의 발전기 사용을 위한 비용, 선박과 육상전력시스템 간 호환 불가와 같은 방해 요소가 존재한다. 정박지에서 높은 전력을 사용하는 선박(컨테이너선, 크루즈선, 케미컬탱커선, LNG운반선)은 육상전력공급을 위해 선박 개조를 위한 상당한 자금 투자가 필요하다. 많은 전력을 공급하기 위해 필요한 용량을 제공하기 위해서는 선박과 육상 모두 장비의 개조와 추가가 필요하다.

ICS를 비롯한 공동 제출자들은 전기공급장치가 화석연료에서 저탄소 연료와 재생가능한 에너지 자원으로 변화하는데 도움을 줄 수 있기 때문에, 육상전력공급은 해운의 온실가스 배출 감축에 기여할 수

있으며 이러한 결과 실용적, 상업적 장애물을 제거해 줄 것이라고 제안하였다.

(2) 육상의 전기추진시스템에 대한 기술적 지침 완성(ICS)

IMO는 이미 선박과 육상 간의 접속과 안전한 운영 관리를 포함하여 육상전력공급 시스템을 위한 기술 지침을 개발하고 있는 중이다. 선박과 육상 간 연결을 위한 국제적 기준 및 연결과 분리 시 안전 관리는 국제적 차원에서 실현가능성을 증가시키기 위한 전제조건이다. 따라서 ICS를 비롯한 공동 제출자들은 통신작업반의 활동을 지지하고 최종 지침을 기대하고 있으며, 지침은 저탄소 및 재생가능한 전력 공급을 가능하게 해줄 것이라고 언급하였다.

또한, ICS를 비롯한 공동 제출자들은 육상전력공급은 온실가스 감축을 위해 육상전력공급에 대한 조치는 단기 조치뿐만 아니라 중기, 장기까지도 지속적으로 고려되어야 한다고 주장하였다.

4. 연구지원 및 인센티브

1) 접근방법 10: 연구개발(R&D) 활동 착수 및 지원

(1) 산업, 회원국과 이해관계자가 가능한 R&D 프로그램 개발(ICS)

IMO는 선박 추진과 연료 시스템에 필요한 정보를 제공하기 위해 R&D 프로그램 기획을 고려해 왔다. ICS를 비롯한 공동제출자들은 향후 의욕수준을 달성하기에 필요한 노력들은 IMO에서 수행할 것이라고 믿고 있다.

그러나 업계의 입장에서는 R&D의 개발이 다른 분야의 기술개발 결

과로써 유기적으로 긍정적 효과를 기대하는 개념이나 선택적 활동을 말하는 것이 아니다. IMO가 초기전략의 설정에 따른 목표 달성을 기대한다면, 국제적으로 노력하여 고안 및 구조화된 R&D가 기본 조건이 되어야 할 것이다. 정치적으로 실현 가능한 효과적인 R&D 개념을 개발하는 것은 복잡한 과제지만, ICS와 공동 제출자들도 초기전략의 목표와 비전을 완벽하게 달성할 수 있는 R&D 프로그램 지원책을 고심하고 있다. 다만, 제75차 MEPC에서 만들어지는 어떤 R&D 제안이라도 조치 A그룹과 C그룹을 고려해야 하며, 기술적 그룹으로 고려 및 논의된 조치 중에서 공식적인 R&D 개발을 진행할 것을 제안하였다.

(2) GHG/탄소집약도 감축 기술의 효과성 평가 기준 개발(ICS)

IMO는 EEDI 규정과 더불어 초기전략을 이행할 조직이 광범위한 결정을 내릴 것으로 예상된다. 이러한 결정 중 일부는 온실가스 배출량을 줄이기 위한 기술의 준비 상태를 평가하기 위한 것일 수 있다. 만약 기술적으로만 가능하지만 비현실적 평가 또는 적절한 기술적 해결책의 부적절한 분석을 기반으로 결정이 이루어진다면, 그와 같은 절차는 비현실적 목표를 설정하고 잘못된 의사결정을 하게 만들 것이다.

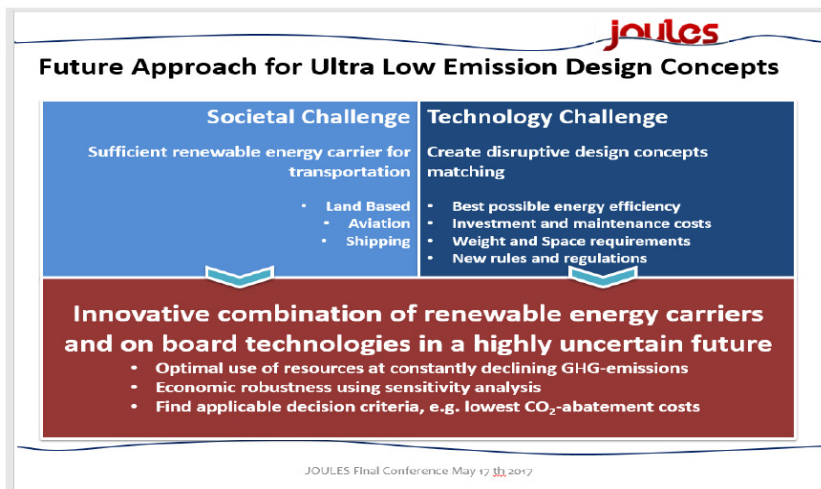
기술의 효과는 대표적인 상황의 범위하에 설명되어야 한다. 그것은 기술을 지지함에 있어 실제적인 운항의 조건이 아닌 극히 드문 상황에서 얻어진 데이터를 사용할 위험을 최소화하기 위해서이다. 따라서 ICS 및 공동 제출자들은 IMO에서 온실가스 및 탄소 배출을 위한 기술 평가지침이 정보 기반의 의사결정과 향상된 규정 개발을 가능하게 해줄 것에 동의하며 지침 개발을 제안하였다.

(3) 실현가능한 저탄소/무탄소 식별 연구 증대(CESA & EUROMOT)

유럽조선소협회(CESA: Community of European Shipyards' Associations, 이하 CESA)와 유럽국제연소기관제조협회(EUROMOT: The European Association of Internal Combustion Engine Manufacturers, 이하 EUROMOT)는 미래의 무탄소, 비화석 연료 또는 저탄소 연료는 상당한 재생가능에너지 양이 요구될 것이므로 미래 연료에 대한 전주기(LCA: Life Cycle Assessment, 이하 LCA)가 고려되어야 한다고 제안하였다.

CESA와 EUROMOT은 뚜렷한 단기 조치로서 사회적, 기술적, 경제적 관점에서 가능한 최선의 해결책을 식별하는 연구 활동 증가의 필요성을 주장하였다. 이러한 접근은 <그림 3-9>와 같이 JOULES 프로젝트의 마지막 컨퍼런스에서 언급되었다.³⁶⁾

<그림 3-9> 초저배출 설계 개념에 대한 향후 접근



자료: IMO 의제문서(IMO 74/7/6), p. 5

36) JOULES는 EU로부터 기금을 받아 2013년부터 2017년까지 기후에 영향을 미치는 가스 및 유해 물질의 배출과 에너지 소비를 감소하기 위해 유럽의 해사산업에 주어진 도전과제를 논의하고 연구를 수행한 프로젝트임(JOULES 홈페이지)

더불어 CESA와 EUROMOT은 JOULES와 같은 연구 활동들은 열린 마음을 가지고 다른 산업분야 및 과학분야(에너지, 화학, 환경과학, 계량 경제과학, 선박 기술)의 이해관계자도 포함할 필요가 있다고 언급하면서, 높은 CO₂ 감축 효과의 비용효과적인 해결책이 식별되고 장려되어야 한다고 주장하였다. 연구 활동들은 관련한 모든 비용(연료 생산, 인프라 구조, 배출에 따른 외부적 비용을 포함한 사회비용, 선상 기술 비용)을 포함하여 경제적 실현가능성에 대한 조사 수행의 필요성이 언급되었다.

2) 접근방법 11: 선두주자를 위한 인센티브 제도

(1) EEDI 조건을 향상시킨 LNG 추진선 고려(대한민국)

온실가스 감축 초기전략은 저탄소 기술에 대한 연구 개발 장려를 통해 산업계의 노력을 지원하여 목적을 달성하는 데 도움을 주는 활동과 조치를 식별하기 위한 목적을 가진다. 대한민국은 조기 조치로서 LNG와 같은 저탄소 연료의 활용은 저탄소 연료 또는 무탄소 연료와 기술로의 전환을 위한 우선권을 가져야 한다고 제안하였다.

국제해운은 탈탄소화를 위해 무탄소 연료 기술을 활용해야 하지만, 수소, 배터리와 암모니아 같은 무탄소 기술이 아직 개발되어 있지 않다. LNG는 무탄소 연료가 완전히 이용가능해질 때까지 가장 현실적인 온실가스 배출 감축 기술로서 국제해운에 폭넓게 사용되도록 선두주자로서 LNG 추진선을 고려해야 한다. EEDI 조건 발효 이후로 많은 LNG추진선이 건조되었고 온실가스 배출 감축에 기여하기 위해 운항되고 있지만, 초기전략의 감축 목표 달성을 위해서는 여전히 국제해운이 현실적이고 효과적인 연료를 사용하는 데 독려할 필요가 있다. 대한민국은 이와 같은 입장을 고수하고 선두주자를 위한 인센티브 제도의 하나로써 EEDI 조건에 LNG 추진선 고려를 제안하였다.

5. 지침 또는 메커니즘 개발

1) 접근방법 12: 모든 연료에 대한 전주기 온실가스/탄소집약도 지침 개발

(1) 연료의 전주기 온실가스/탄소 집약도 지침 개발(대한민국, 노르웨이)

신조선에 에탄올 등과 같은 새로운 종류의 연료를 사용하기 위해서, 조선소와 주기관 제작업체들은 최근에 EEDI 계산에 환산계수 적용을 대한 문제를 거론하였다. 환산계수는 현재 디젤유, 중유, 경유, LPG, LNG에 대해서만 정의되어 있기 때문에 이와 같은 문제는 향후에도 빈번하게 지적될 것으로 예상된다.

대한민국은 저탄소 및 무탄소로의 이동과 해운산업의 대체연료에 대한 의사결정을 위해서는 IMO 협약에 간단하게 대체연료 환산계수만 추가하는 것보다는 온실가스 전주기/탄소집약도를 고려하여 EEDI 계산을 위한 환산계수 지침을 만들어야 한다고 주장하였다. 그러한 지침에는 현재 기술을 기반으로 저탄소 및 무탄소 연료의 해양 연료로서 사용가능성, 식별된 모든 연료의 전주기 경로 모델링 표준화, 전주기 경로에 대한 배출물질 인벤토리 분석, 식별된 모든 연료의 전주기 온실가스/탄소집약도 계산, 현재 IMO 협약에 환산계수에 전주기 온실가스/탄소집약도 반영과 같은 내용이 고려되어야 한다.

노르웨이 역시 연료의 전주기 배출을 반영하는 방법을 고려하는 동시에 계산을 위한 공평하고 실용적인 접근방법을 확보하는 것이 필요하다고 주장하였다. 규정을 개발하고 국제해운의 배출을 평가하기 위해 연료의 온실가스 영향을 결정하는 것은 필수적이지만, 선원에게는 사용된 연료 관련 문서 작업이 요구될 수 있다.

(2) 다양한 연료의 배출 데이터베이스 개발(SGMF)

SGMF는 접근방법 6과 관련하여 IMO가 해운의 온실가스 배출 감소에 대한 초기전략에 동의한 만큼, 선박기인 온실가스 감축 효과를 극대화하기 위해서는 다양한 연료의 전주기 배출에 대해 일관되게 평가해야 한다고 제안하였다. 그에 따라 다양한 연료 선택과 생산 및 사용 경로에 따른 WtW 배출 데이터베이스를 개발해야 한다고 주장하였다.

(3) 다양한 연료의 GHG 영향 계산 및 탄소 계수값 할당을 위한 표준화 (노르웨이, ICS)

노르웨이는 연료의 온실가스 영향을 계산하는 방법을 표준화해야 한다고 제안하였다. 연료의 영향은 DCS의 EEDI나 향후 다른 운항 지표를 계산할 때 연료 소비와 CO₂ 배출 간의 변환을 위해 사용된 탄소 계수에 반영되어야 한다. 금세기 내 가능한 빨리 해운의 탈탄소화를 위한 2050년 목표와 비전을 달성하기 위해서 무탄소 및 탄소중립 연료로 교체하는 것이 중요하다.

더불어 ICS와 공동 제출자들도 초기전략의 2050년 의욕수준은 새로운 저탄소 및 무탄소 연료와 기술 채택 등을 통해 달성될 수 있다고 고려하였다. EEDI 계산에 새로운 연료와 에너지 이동의 반영을 위해 탄소계수의 할당이 필요하며, 대체연료 투자에 대한 신뢰를 위해서는 탄소 계수값을 견고히 하여 끊임없이 개정되는 일이 없어야 한다고 주장하였다.

2) 접근방법 13: 대체 저탄소/무탄소 연료 활성화를 위한 프로그램 마련

(1) 대체연료 활용을 위한 장애요소 해결 프로그램 개발(노르웨이)

노르웨이는 대체연료 활용에 장애요소를 시스템적으로 해결하는 프로그램 개발을 제안하였다. 2030년 이후에 건조되는 선박은 대체연료를 사용할 준비가 되어있어야 하며, 연료도 시간에 따라서 전 세계적으로 사용가능해야 한다. 또한, 현존선과 2020년에서 2030년 사이에 건조된 선박들은 기존 기계와 연료 시스템에 대체연료를 적용할 것으로 예상된다.

금세기 내 가능한 한 해운의 빠른 탈탄소화를 달성하기 위해서 무탄소 및 탄소중립연료로 교체하는 것이 중요하지만, 현재 상업적으로 이용가능하지 않거나 기술적으로 또는 논리적으로 성숙하지 않기 때문에 상당한 개발과 가치 상승이 요구된다. 연료의 개발 및 공급은 수요가 없다면 발생하지 못할 것이고, 수요는 어떤 공급이 없다면 발생하지 못하기 때문에 공급과 수요의 우선순위에 대한 문제는 상당한 장애요소이다. 이행 프로그램은 활용을 위한 다른 장애요소를 제거하고 해결해야 하며, 새로운 연료의 도입으로 인한 선원 훈련에 대한 부분도 고려되어야 한다.

(2) 무탄소 및 비화석 연료에 대한 프로그램 개발(CESA & EUROMOT)

지금은 기존의 전통 연료시스템에서 비화석 연료로 자연스럽게 이동하기 위한 전략이 요구되는 상황이다. 따라서 CESA와 EUROMOT은 연구 활동의 결과에 따라 미래의 비화석 연료 또는 무탄소 연료가 식별되고 관련 프로그램을 진행하는 것이 필요하다고 제안하였다.

중기적 측면에서 무탄소 및 비화석연료의 이행 프로그램은 지금의 관점에서는 해결될 수 없다. 연안선의 전기화는 최적의 방법으로 재생 가능한 에너지를 사용하는 선택이 될 수 있다. 또한, 높은 에너지 집약도를 가진 액체연료는 장거리의 운항에 가능할 것이다. 선상의 기술적 해결책은 선종, 운항정보, 비화석 연료의 향후 가격에 따라 이행될 수 있을 것이다.

CESA와 EUROMOT은 향후에는 하나로 모든 것을 해결하는 개념은 없어질 것이며, 다양한 해결책이 시간이 지나면서 발달할 것으로 생각하고 있다. 장기적인 관점에서 비화석 연료 생산을 위해서는 그에 상응하는 기술이 전기 분해, 메탄 합성, 물질 액화, 메탄을 합성 등과 같은 광범위한 산업적 범위가 이용 가능해야 한다. 따라서 대체 연료의 효과적인 활용을 위한 이행 프로그램을 고려하고 결정지어야 한다.

3) 접근방법 14: 신규/혁신적 배출 감축메커니즘

(1) 신규/혁신적인 감축 메커니즘 고려(노르웨이)

2050년 의욕수준에 도달하기 위해 증가하는 더 엄격한 감축 요구조건으로 인해, 신규의 혁신적 감축 메커니즘 모색이 필요할 것이다. 그것은 2030년 이후에 건조된 선박을 대상으로 할 수 있지만, 그 전에 건조된 선박에 대해서도 소급 적용할 수 있다. 이러한 접근은 시장기반의 요소들을 포함하고 운항 지표와 EEDI와 같은 다른 제안과 결합하여 생각해 볼 수 있다. 가능한 대체 준수 메커니즘은 선대 평균, 연간 회계, 섹터 대내·외 펀드와 같은 것들을 포함할 수 있다. 하지만 유연한 준수 메커니즘은 개별 선박의 요구조건을 제거하지 않아야 한다.

잠재적 해결책의 범위는 선박의 부분, 크기, 운항 형태에 따라 다양해질 수 있다. 유연한 준수 메커니즘은 특정 무역을 방해하지 않고 선박에 대한 의무적인 요구조건 설정이 가능해야 한다. 요구조건들은 모든 무역에서 모든 선박들이 달성하는 최소 수준보다 오히려 평균적인 잠재력에 초점을 맞출 수 있다. 그것은 예측할 수 있는 영향을 가능하게 하고, 선주의 불확실성에 대비한 비용을 제거해 줄 것이다. 이것은 부분 또는 개별 선박이 비용효과 방식으로 배출 감축 목표를 달성하기 위해 필요한 유연성을 동시에 주기 때문에, IMO 전체가 동의한 감축 수준을 충족하게 해줄 것이다.

이 조치는 EEDI 및 의무적인 운항 지표와 같은 맥락에서 MARPOL 부속서 6의 규칙 4 동등물에 관한 내용으로 운용이 가능하다.³⁷⁾ 또한, 이것은 MARPOL의 새로운 규정으로 정리될 수 있다.

(2) 연간 선대 배출상한제(FAEC)와 같은 국제적 목표기반의 조치 설계(프랑스)

프랑스는 접근방법 5에서 언급한 것과 같이 선속 감소 조치를 지지하였으며, 국제적 목표 기반의 접근이 필요하다고 제안하였다. 이와 관련하여 선대의 연간 배출상한제(FAEC: Fleet's Annual Emission Cap)를 예로 들었다.

초기전략은 단기에는 '가능한 빨리 해운분야의 온실가스 최대 감축'을 목표로, 중기는 '2030년까지 2008년 대비 국제해운의 에너지 효율 40% 향상 및 2050년 70% 감축을 위한 지속적 노력'을 목표로

37) MARPOL 부속서6 규칙 4, 1. 당사국의 주관청은 이 부속서에 의해 요구되는 부속품, 재료, 기기 또는 장비의 선박에 설치, 다른 절차, 대체연료, 승인 방법을 동등물로 대체하는 것을 허용할 수 있다. ... 이 부속서에서 요구되는 것과 동등 이상의 효과를 가지는 것을 조건으로 한다.

설정하였다. 이와 같은 목표는 국제적인 목표기반의 접근을 통해 달성할 수 있을 것이며, 선주에게 선대의 온실가스 배출의 연간 최대치를 요구할 수 있다.

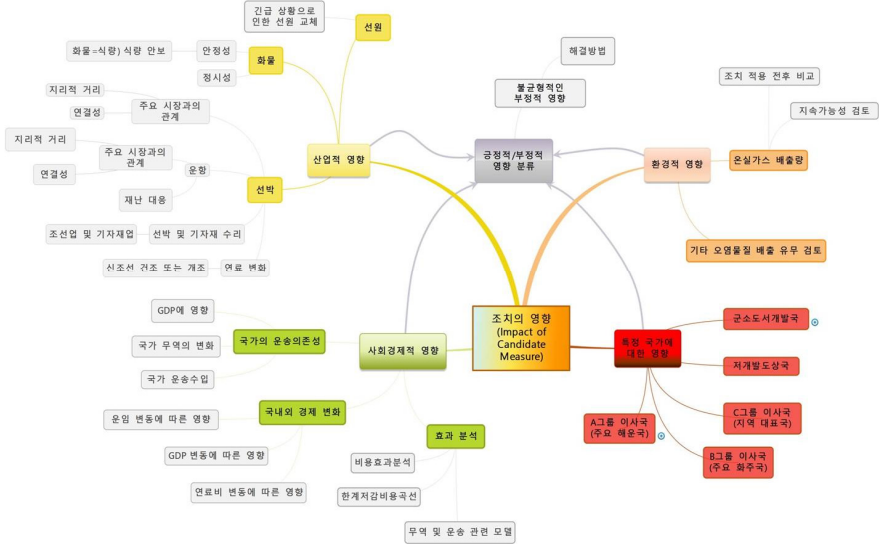
이것은 각 선박의 배출 계수와 연료 종류에 따른 연간 소비 데이터를 기국 행정부에 보고하는 DCS의 구조에 의존할 수 있을 것이다. 그것을 통해 선박이 운항한 시간에 따른 온실가스 배출량 파악이 가능하며, 선대의 연간 배출 상한제 계산을 위해 사용할 수 있다.

제2절 선박 온실가스 감축 조치의 영향분석

IMO 회원국들은 제3장의 제1절의 조치들이 국가에 미치는 영향에 대해 평가할 필요성에 공감하면서, 국가 영향평가(Assessing impacts on states) 절차에 대한 문서 작성 및 회람하였다.³⁸⁾ 또한, 특정 조치를 제안할 국가는 조치에 따른 영향평가 결과서와 협약 개정문을 함께 제출하는 것에 합의하였다. 그러나 IMO 회의의 특성상 시간적, 물리적 한계가 있는 관계로 합의된 절차서의 내용은 간략한 절차와 영향평가 시 필요한 고려사항이 대부분이다. 따라서 조치를 제안하는 국가마다 영향평가의 형식과 내용이 다소 상이할 수 있다. 그러나 일반적으로 온실가스 조치의 영향에 따른 개념과 산업과의 관계는 환경적, 산업적, 경제적, 국가적으로 연관성을 가지며 <그림 3-10>과 같이 표현할 수 있다.

38) IMO 회람서(MEPC.1/Circ.885)

〈그림 3-10〉 온실가스 감축을 위해 제안조치의 영향평가 개념도



자료: 저자 작성

비슷한 개념으로 우리나라 「행정규제기본법」도 신규 규제 의 시행 또는 기존의 규제에 대한 강화에 따른 영향분석 내용과 절차에 관한 조항을 포함하고 있다. 「행정규제기본법」과 동법 시행령은 규제영향 분석의 내용과 평가요소, 규제영향분석서 작성에 대한 내용을 담고 있으므로, IMO의 온실가스 조치 영향분석 절차와 비교 및 통합하여 우리나라의 온실가스 조치에 대한 영향분석 절차를 정립하는 것은 대내외적으로 의미가 있을 것이다.

1. 규제 영향분석 절차

1) IMO 온실가스 감축 후보조치의 국가 영향평가

IMO의 영향평가는 간결성, 포괄성, 명료성, 유연성, 증거기반, 상세 측정과 같은 특징을 가지고 있어야 한다. 종합적인 영향평가는 제

안된 조치의 완전성과 본질에 상응해야 한다. 영향평가는 조치의 고려와 개발을 병행하여 4단계로 착수되어야 한다.

(1) 1단계: 초기 영향평가

조치를 제안한 회원국은 최소한의 초기 영향평가 결과를 제출해야 하는데, 추가 설명을 위한 상세 영향평가서를 제출해야 할 수도 있다.

초기 영향평가는 군소개발도상국 및 저개발도상국과 같은 개발도상국의 요구에 특히 집중해야 한다. 특히, 제안하는 조치가 선박과 배출에 미치는 영향에 대한 설명이 있어야 한다.

영향평가는 지리학적 거리, 주요 시장과의 연관성, 화물의 가치와 종류, 운송의존성, 운송비, 식량 안보, 재난 대응, 비용효과성, 사회경제학적 진보 및 개발 등에 대해 설명할 수 있어야 한다. 영향의 범위(조치의 정량화, 운송비, 무역, GDP의 일반적인 변동이 있을 경우 조치와의 연관성 등)에 대해 분석해야 한다. 긍정적 영향과 잠재적인 부정적 영향을 나타내야 하며, 부정적인 영향이 편중되어 나타날 경우에 대한 해결방안(회피, 해결, 완화 등)도 평가해야 한다. 초기 영향평가는 방법론적 도구와 근거자료, 분석의 한계에 대해서도 명시해야 한다.

(2) 2단계: 의견문서 제출

회원국들은 초기 영향평가 결과에 대해 설명 또는 추가적인 정보를 요청하는 의견을 낼 수 있다. 의견문서는 적어도 제안이 이루어진 회의의 차기 회의까지 제출되어야 하며, 제안된 조치나 조치의 그룹에 대해 추가적인 정보 또는 별도의 영향평가 결과를 제출할 수 있다.

〈표 3-6〉 초기 영향평가의 내용 및 고려사항

번호	초기 영향평가 내용 및 고려사항	비고
1	선박에 미치는 영향	특히, 군소개발도상국 및 저개발도상국의 입장 고려
2	배출 효과	
3	지리적 거리 및 주요 시장과의 연관성	
4	화물의 가치와 종류	
5	국가의 운송의존성	
6	운송비	
7	식량 안보	
8	재난 대응	
9	비용효과성	
10	사회경제학적 진보 및 개발	
11	일반적인 경제 변동 시 연관성	
12	긍정적/부정적 영향 및 해결방안	

자료: IMO 회람서(MEPC.1/Circ.885)를 바탕으로 저자 작성

(3) 3단계: 종합의견

적어도 차기 회의에 조치를 지지하거나 관심 있는 회원국이나 국제기구는 의견문서에 대한 종합의견을 제공해야 한다.

(4) 4단계: 종합 영향평가

위원회의 결정에 따라 의견문서를 포함하여 이전의 단계에서 식별된 주제를 고려하여 종합 영향평가가 착수될 수 있다. 만약 의견문서가 제출되지 않은 경우, 위원회는 초기 영향평가에 대해 고려하고 종합 영향평가 수행 여부를 결정해야 한다. 종합 영향평가 또한 초기 영향평가와 마찬가지로 군소개발도상국 및 저개발도상국의 요구에 주의를 기울여야 한다.

특히, 분석에 사용된 추정과 방법에 대한 설명, 부정적 영향에 대

한 정성적, 정량적 상세평가, 부정적인 영향의 해결방안을 포함해야 한다. 따라서 위원회는 제안된 조치에 대한 추가적인 고려사항을 파악하기 위해 종합 영향평가에 대한 조치를 취해야 한다. 영향평가가 완료된 후에 조치의 채택을 고려할 수 있다. 또한, 위원회는 조치의 채택 및 제정된 이후 그것의 이행과 영향을 검토해야 하며, 회원국의 요청으로 및 필요 시 조정할 수 있다.

회람서는 상기에 절차에 따라 영향평가를 진행하되, 영향평가는 증거를 기반으로 충분히 설명되어야 하므로 그를 위한 분석 도구와 모델이 포함되어 있다. 회람서에 포함된 정량적 분석을 위한 방법으로는 비용효과분석, 한계저감비용곡선, 경제무역모델이 있으며, 군소도서국과 저개발도상국은 자료 수집이나 분석을 위한 지원을 요구할 수 있다.

〈표 3-7〉 영향평가를 위한 분석도구

번호	증거기반의 분석도구 및 모델
1	해상운송비용모델, 무역흐름모델, GDP 영향과 같은 비용효과분석 도구
2	한계저감비용곡선(MACC)의 최신화
3	경제무역모델, 운송모델, 경제 및 운송 결합모델

자료: IMO 회람서(MEPC.1/Circ.885)를 바탕으로 저자 작성

2) 대한민국 「행정규제기본법」 규제영향분석

우리나라 중앙행정기관의 장은 국가나 지방자치단체가 특정 목적을 위해 의무 부과 또는 권리를 제한하는 규제를 정하거나 강화하는 경우, 「행정규제기본법」에 따라 규제영향분석 및 규제영향분석서를 작성하여야 한다.³⁹⁾

39) 「행정규제기본법」 제2조(정의) 제1항, 동법 제7조(규제영향분석 및 자체심사) 제1항

〈표 3-8〉 「행정규제기본법」 및 동법 시행령의 규제영향분석 조항

「행정규제기본법」	「행정규제기본법 시행령」
제1조(목적) 이 법은 행정규제에 관한 기본적인 사항을 규정하여 불필요한 행정규제를 폐지하고 비효율적인 행정규제의 신설을 억제함으로써 사회·경제활동의 자율과 창의를 촉진하여 국민의 삶의 질을 높이고 국가경쟁력이 지속적으로 향상되도록 함을 목적으로 한다.	
제2조(정의) ① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 1. "행정규제"(이하 "규제"라 한다)란 국가나 지방자치단체가 특정한 행정 목적을 실현하기 위하여 국민(국내법을 적용받는 외국인)을 포함한다)의 권리를 제한하거나 의무를 부과하는 것으로서 법령등이나 조례·규칙에 규정되는 사항을 말한다. 5. "규제영향분석"이란 규제로 인하여 국민의 일상생활과 사회·경제·행정 등에 미치는 여러 가지 영향을 객관적이고 과학적인 방법을 사용하여 미리 예측·분석함으로써 규제의 타당성을 판단하는 기준을 제시하는 것을 말한다. ② 규제의 구체적 범위는 대통령령으로 정한다.	
	제4조(규제의 등록방법 및 절차) ① 중앙행정기관의 장은 규제를 신설하거나 등록된 규제를 변경 또는 폐지한 경우에는 해당 규제에 관한 법령등이 공포 또는 발령된 날부터 30일 이내에 법 제6조제1항에 따른 규제개혁위원회(이하 "위원회"라 한다)에 등록하여야 한다. ② 중앙행정기관의 장은 제1항에 따라 위원회에 규제를 등록하는 경우에는 다음 각 호의 사항을 명시하여야 한다. 1. 규제의 명칭 2. 규제의 법적근거 및 내용 3. 규제의 처리기관

「행정규제기본법」	「행정규제기본법 시행령」
	4. 규제의 시행과 관련된 하위법령 등의 내용 5. 규제를 규정한 법령등의 공포일 또는 발령일과 규제의 시행일 6. 규제의 존속기한 7. 그 밖에 위원회가 규제등록에 필요하다고 정하는 사항
제7조(규제영향분석 및 자체심사) ① 중앙행정기관의 장은 규제를 신설하거나 강화(규제의 존속기한 연장을 포함한다. 이하 같다)하려면 다음 각 호의 사항을 종합적으로 고려하여 규제영향분석을 하고 규제영향분석서를 작성하여야 한다. 1. 규제의 신설 또는 강화의 필요성 2. 규제 목적의 실현 가능성 3. 규제 외의 대체 수단 존재 여부 및 기존규제와의 중복 여부 4. 규제의 시행에 따라 규제를 받는 집단과 국민이 부담하여야 할 비용과 편익의 비교 분석 5. 규제의 시행이 「중소기업기본법」 제2조에 따른 중소기업에 미치는 영향 6. 경쟁 제한적 요소의 포함 여부 7. 규제 내용의 객관성과 명료성 8. 규제의 신설 또는 강화에 따른 행정기구·인력 및 예산의 소요 9. 관련 민원사무의 구비서류 및 처리절차 등의 적정 여부 ② 중앙행정기관의 장은 제1항에 따른 규제영향분석서를 입법예고 기간 동안 국민에게 공표하여야 하고, 제출된 의견을 검토하여 규제영향분석서를 보완하며, 의견을 제출한 자에게 제출된 의견의 처리 결과를 알려야 한다. ③ 중앙행정기관의 장은 제1항에 따른 규제영향분석의 결과를 기초로 규제의 대상·	제6조(규제영향분석의 평가요소 등) ② 중앙행정기관의 장은 규제영향분석을 하는 경우에는 가능한 한 계량화된 자료를 사용하여야 한다. 다만, 자료의 계량화가 불가능한 경우에는 서술적인 방법을 사용할 수 있다. ③ 중앙행정기관의 장은 법 제7조제1항에 따라 작성한 규제영향분석서를 인터넷 홈페이지에 게재하는 등의 방법으로 입법예고기간 동안 공표하여야 한다. ⑤ 중앙행정기관의 장은 제4항의 규정에 의한 규제영향분석서의 작성지침에 따라 규제영향분석서를 작성하여야 한다. 이 경우 규제영향분석서에는 그 작성에 관여한 국장·과장 또는 이에 상당하는 공무원의 인적사항을 명시하여야 한다.

「행정규제기본법」	「행정규제기본법 시행령」
범위·방법 등을 정하고 그 타당성에 대하여 자체심사를 하여야 한다. 이 경우 관계 전문가 등의 의견을 충분히 수렴하여 심사에 반영하여야 한다.	

자료: 국가법령정보센터(검색일: 2020. 06. 10) 바탕으로 저자 작성

동법에 근거하여 해양수산부도 기존의 규제사항을 변경 또는 강화하거나, 신규 규제가 생성되는 경우 규제영향분석서와 법안 개정안을 작성하여 인터넷 홈페이지에 게재하여 입법예고를 공표하고 있다. 예를 들어 해양수산부는 지난 2019년 9월 친환경선박 및 기자재 인증기준을 만들어 부정한 방법으로 인증을 취득하거나 인증 취소를 규정하기 위한 규제를 정하였고, 그에 따른 적정성과 영향평가를 진행하였다.

〈그림 3-11〉 해양수산부 규제영향분석서

규제영향분석서

환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행규칙

<목 차>

1. 친환경 선박 및 기자재 인증의 관리

수관부처 및 담당자 연락처	수관부처 해양수산부 행정안전부(재) 국장 과장	담당부서 해사산업기술과 시정관 김인동	담당자 직급 연락처 이재철 044-200-5555 twins@mar.kmtr.go.kr
-------------------	---------------------------------------	-------------------------------	---

청책 책임자 직위 성명 (서명)

- 1 -

< 규제 개요 >

기타	1. 규제사유명	친환경 선박 및 기자재 인증의 관리	
기본	2. 규제주관	해양친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 제9조 제1호, 제11호, 제12호	
	3. 규제대상	해양친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 제9조	
영향	4. 유형	신규	5. 입법예고 799-10
	6. 추진배경 및 정부개발 필요성	○ 선박으로부터 배출되는 대기 등 환경오염을 저감 국제규제에 대응 및 해운·조선산업 보호와 환경보육을 촉진하기 위하여 관련 법률을 개정함 ○ 해양친화적 선박의 개발 및 보급을 촉진하기 위한 입법 제정하여, 해양친화적 선박 및 기자재의 구매자의 수요지, 해양친화적 선박의 입도율 증가와 조선 공정의 확대, 저탄소 입도율 증가를 통한 탄소 전환율 향상 및 기자재에 대한 인증관리 강화	
규제영향	7. 규제내용	○ 인증의 주요기준을 5년으로 하고 해양친화적 및 기자재를 인증 받은 기준에 맞게 관리 관리하도록 의무 부여 ○ 기존 또는 부합한 방법으로 인증받은 인증제, 인증에 불응할 경우 등의 경우에 인증을 취소할 수 있도록 규정	
	8. 제규제전달 및 이해관계자	○ (제규제대상) 해양친화적 선박 소유자 및 운전자, 해양친화적 선박의 기자재 제조 또는 공급업자 ○ (이해관계자) 해운	
규제영향	9. 규제효과	○ 인증 받은 기준에 불응해 관리 관리하도록 하고 부합한 방법에 의한 인증 취득을 제정하여 해양친화적 선박 및 기자재에 대한 기준 관리 및 인증 관리 강화	
	10. 영향 평가	기초영향평가	중기영향평가
기타	11. 비용편익 분석 (정성분석)	비용 편익 분석 비용 편익 분석	
	12. 부속자료	부속자료 부속자료	
기타	13. 부속자료	부속자료 부속자료	
	14. 기타	기타 기타	

- 2 -

자료: 해양수산부 홈페이지(검색일: 2020. 06. 10)

2. 주요 분석방법

1) 비용효과분석(CEA: Cost-Effectiveness Analysis)

비용효과분석은 이익과 비용을 비교하여 대체 정책 또는 조치를 결정하기 위해 정책입안자에게 유용한 도구이다. 비용효과분석 및 비용편익분석의 차이는 비용으로의 수치화 가능 여부이다. 그러나 환경 정책 분석에서 환경적 영향을 이익 또는 비용으로 수치화하는 것이 어려운 경우, 환경적 영향을 온도 또는 CO₂ 배출과 같은 단위로 수량화하는 비용효과적인 접근이 적합하다. 비용효과분석은 효과의 단위(온실가스 배출 감소량) 대비 비용을 나눔으로써 계산되는 비용효과지수(CEI: Cost Effectiveness Index, 이하 CEI)로 나타낼 수 있다.

본 연구는 온실가스 감축 조치에 따른 영향평가를 위한 비용효과 분석과 모델에 대해 IMO에서 논의된 문서(ISWG-GHG 5/INF.)를 중심으로 조사하였다. 해당 문서는 다중회귀분석을 기반으로 해상운송 비용모델, 무역흐름모델, GDP 영향에 대한 수치를 구하고 배출량 결과와 함께 비용효과를 분석하는 방법을 나타내고 있다.

회귀분석은 횡단면 데이터(특정 연도의 국가 데이터)와 패널 데이터(연도별 국가 데이터)를 활용한 계량경제학에 기반하는데, 변수 간 연계효과는 반영할 수 없지만 직접적인 효과만 대략적으로 평가할 수 있다. 온실가스 감축 조치의 직접적 영향은 국가의 해상운송비용(Maritime Transport Cost)이 될 것이며, 이것은 국제무역흐름(국가의 수출입)의 주요 인자가 되어 결과적으로는 GDP에 영향을 미치게 된다. 하지만 온실가스 배출량 평가에서는 회귀모델 적용이 적합하지 않기 때문에 물리적, 기계적 개념을 인용하여 평가하는 방법에 대

해 설명하였다. 이것을 통해 배출량 감소 효과 대비 GDP의 변동값을 나눔으로써 CEI를 구할 수 있을 것이다.

〈그림 3-12〉 비용효과분석 절차

해상운송비용모델 (Maritime Transport Costs Models)	$\ln TC_{kijt} = \zeta_j + \theta_i + \delta_k + \chi_t + \sum_i \beta_{1i} \ln Time_{kijt} + \sum_i \beta_{2i} \ln Fuel_{kijt} \\ + \sum_i \beta_{3i} \ln FC_{kijt} + Geo_{kijt} \gamma + Economic_{kijt} \lambda + Infra_{kijt} \pi \\ + Commodity_{kijt} \phi + Ship_{kijt} \psi + v_{kijt}$
무역흐름모델 (Trade Flows Models)	$\ln TF_{kijt} = \zeta_j + \theta_i + \delta_k + \chi_t + \alpha_1 \ln (TC_{kijt}) + \alpha_2 \ln (Y \cdot Y_{jt}) \\ + \alpha_3 \ln Dist_{kijt} + \geq o_{kijt} \eta + Socioeconomic_{kijt} \rho + v_{2kijt}$
GDP 영향 (Impact on Gross Domestic Product)	$\left(\frac{X_{c,t}}{GDP_{x,c,t}} \times \Delta TF_{x,c} \right) + \left(\frac{-M_{p,t}}{GDP_{x,p,t}} \times \Delta TF_{x,p} \right)$
배출량 계산 (Emission Calculation)	$E \times K \times FuelCons_{ijs} = E \times K \times \left[\Gamma_s \left(\frac{v_{is}}{v_{os}} \right)^3 + AF_s \right] \frac{Dist_{ij}}{24 \times v_{1s}}$
비용효과분석 (Cost-effectiveness Analysis)	$CEI_{x,c}^g = \frac{\Delta GDP_{x,c}}{\Delta Emission_{x,c}^g}$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), pp. 10-12를 참고하여 저자 작성

(1) 해상운송비용모델(Maritime Transport Costs Models)

패널 데이터의 변수는 대개 화물의 종류, 수·출입 국가, 무역 연도로 정의될 수 있다. 대부분의 비용에 관한 요소는 지리, 경제, 사회적 반시설, 화물, 선박이 될 것이다.

수출국 i 와 수입국 j 가 t 라는 연도에 화물 k 를 거래한다고 가정할 때, 지리적 요소에서 해사비용의 주요 인자는 거리($Dist_{kijt}$)가 된다. 하지만 수출국과 수입국이 토지의 경계를 공유하는 국가(Adj_{kijt})이거

나 도서국가인 경우(Islkijt)를 식별하여 지시변수(indicator variable)로서 고려할 수 있다.

경제적 요소는 수출입하는 두 국가의 수출과 수입의 차이를 총무역량으로 나눈 것으로 정의할 수 있으며, 무역 불균형(Imbkijt), 선박의 용적(Volumekijt), 국가간 무역협정(Agreekijt)이 비용 결정인자가 된다. 무역 불균형이 크다는 의미는 수출국으로 되돌아오는 선박이 비교적 화물을 싣지 않은 상태로 오기 때문에 운송비가 다소 증가하는 것을 의미한다. 또한, 선박의 용적은 크면 클수록 무게 대비 더 적은 비용이 발생하므로 경제성의 척도가 된다. 수출입 국가 사이의 가격 합의 또는 협정은 운임률 인상에 대한 부분을 변화시킬 수 있을 것이다.

사회기반시설 결정인자는 해운 서비스와 관련된 것으로 항만 효율성(Portkijt), 수출국의 사회기반시설 수준(Infrakijt), 정기선의 네트워크 구조(LSNSkijt)가 될 수 있다. 항만의 효율성은 사회기반시설과 가장 밀접한 요소로서 수출 활동시간에 영향을 미친다. 특히, 선적 환경은 도착지에서 하적하는 시간에 영향을 줄 수 있다. 또한, 보험 비용은 화물에 발생할 수 있는 손해의 정도에 따라 변화할 수 있다. 정기선의 네트워크 구조는 수출국 i 와 수입국 j 사이의 해상 이동 특징과 관련된 것으로 항만의 수, 선박의 척수, 항로에 따른 선박의 평균적인 크기 등이 될 수 있다.

해상비용에 영향을 주는 화물의 특징은 화물의 무게 단위당 가격(PPWkijt), 저장 방식에서 컨테이너를 사용하여 운반되는 화물의 형태(Containerkijt)이 될 수 있다. PPWkijt은 보험 비용에 특히 영향을 미치며, Containerkijt은 지표 또는 컨테이너에 저장된 화물의 비율로 나타낼 수 있다.

해상비용에 영향을 주는 선박의 특징은 선종을 의미하며 주로 컨테이너선(ContsShipkijt), 벌크선(Bulkkijt), 유류탱커선(Tankkijt)으로 나눌 수 있다. 컨테이너선, 벌크선, 유류탱커선은 각각의 선종에 따른 평균속도와 선적시간 및 선적을 위한 조건이 다르기 때문에 연료 소비와 효율에 영향을 미친다.

최종적으로 해상운송비용(TCkijt)은 위와 같은 요소들을 고려한 모델의 결과로서 선·하적 및 무역활동과 관련된 운임률, 보험비용 등을 고려하여 <표 3-9>와 <그림 3-13>과 같이 정리할 수 있다. <그림 3-13>의 수식에서 γ , λ , π , φ , ψ 는 운송비용에서 결정인자의 영향을 산정하는 매개변수이며, 무역의 특징을 반영하는 역할을 한다. β_{ni} 는 수출국 I의 운송비에 시간이 미치는 영향을 별도로 나타낸 매개변수이다. <그림 3-12>의 수식은 적합한 자료를 바탕으로 최소제곱법으로 사용할 수 있다.

<표 3-9> 해상운송비용 결정인자

비용 발생요소		기호	해상운송비용 결정인자
특수성	수입국	ξ_j	• 수입국의 고정적 영향
	수출국	θ_i	• 수출국의 고정적 영향
	화물	δ_k	• 화물의 특수성
충격		χ_t	• 전 세계 공통적인 1년 단위의 충격(shock) 합계
소요시간		$Time_{kijt}$	• 항로에 따른 운항에 소요되는 시간
연료비		$Fuel_{kijt}$	• 연료소비량(선박의 속도, 주기관), 연료가격
선박 고정비용		FC_{kijt}	• 화물의 운송과 관련된 선박의 고정비

비용 발생요소	기호	해상운송비용 결정인자
지리	Geo_{kijt}	• 거리 • 단, 수출국과 수입국이 토지의 경계를 공유하거나 도서국가인 경우 지시변수 고려 가능
경제	$Economic_{kijt}$	• 무역 불균형, 선박의 용적, 국가간 무역협정
사회기반시설	$Infra_{kijt}$	• 항만 효율성, 수출국의 사회기반시설 수준, 정기선의 네트워크 구조
화물	$Commodity_{kijt}$	• 화물 무게 단위당 가격, 화물의 형태
선박	$Ship_{kijt}$	• 선종(주로 컨테이너선, 벌크선, 유류탱커선)

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.), pp. 10-12를 참고하여 저자 작성

〈그림 3-13〉 해상운송비용 계산식

$$\ln TC_{kijt} = \zeta_j + \theta_i + \delta_k + \chi_t + \sum_i \beta_{1i} \ln Time_{kijt} + \sum_i \beta_{2i} \ln Fuel_{kijt} \\ + \sum_i \beta_{3i} \ln FC_{kijt} + Geo_{kijt} \gamma + Economic_{kijt} \lambda + Infra_{kijt} \pi \\ + Commodity_{kijt} \phi + Ship_{kijt} \psi + v_{kijt}$$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), p. 12

(2) 무역흐름모델(Trade Flows Model)

무역모델의 중심은 주로 두 지역 간의 화물 이동량을 측정하거나 추정하는 데 사용되는 중력모델(gravity model)이다. 앞서 해상운송 비용모델에서와 같이 국가 j 가 t 라는 연도에 수출국 i 로부터 화물 M 을 수입한다(M_{ijt})고 가정하였을 때, 〈그림 3-14〉의 산식에서 Y_{it} 는 수출국의 GDP, Y_{jt} 는 수입국의 GDP, G 는 조정계수이다.

〈그림 3-14〉 중력모델 계산식

$$M_{ijt} = G \frac{Y_i \cdot Y_{jt}}{Dist_{ij}}$$

$$(\ln M_{ijt} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln(Y_i \cdot Y_{jt}) + \gamma_2 \ln Dist_{ij} + \eta_{ijt})$$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), p. 13

중력모델은 수출국 i와 수입국 j가 t라는 연도에 화물 k를 거래한다고 가정할 때, 무역흐름에 따른 해상운송비용의 효과(TF_{kijt})를 측정할 수 있다. 이와 같은 변수는 주어진 연도의 수출국과 수입국의 무역 흐름을 합한 수출값 및 수입값을 통해 나타낼 수 있다. 이와 같은 패널 데이터를 고려하여 무역흐름모델을 나타낼 수 있다.

〈그림 3-15〉 무역흐름모델 계산식

$$\ln TF_{kijt} = \zeta_j + \theta_i + \delta_k + \chi_t + \alpha_1 \ln(TC_{kijt}) + \alpha_2 \ln(Y_i \cdot Y_{jt})$$

$$+ \alpha_3 \ln Dist_{kijt} + \geq o_{kijt} \eta + Socioeconomic_{kijt} \rho + v_{2kijt}$$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), p. 14

ζ_j 는 수입국에 미치는 특정 영향, θ_i 는 수출국에 미치는 특정 영향, δ_k 는 화물에 미치는 특정 영향, χ_t 는 전 세계 공통적인 1년 단위의 충격(shock) 합계를 나타낸다. 이에 해상운송비용 계산식에 따른 결과값과 수출국 및 수입국의 GDP, 항로 거리와 지리적, 사회경제학적 통제변수를 포함하고 있다.

무역의 결정인자는 운송비용과 무역흐름에 동시에 영향을 미치는 요소를 통제하기 위해 사용된다. 수출국과 수입국이 토지의 경계를 공유하는 국가(Adj_{kijt})이거나 도서국가인 경우(Isl_{kijt}), 지리적 변수는

무역관계와 운송비용에 영향을 미치는 요인으로 구성된다. 반면에 수출국 또는 수입국이 육지로 둘러싸인 국가인 경우에 대한 변수는 무역관계나 운송비용과의 연계는 어려운 점이 있다. 사회경제학적 변수도 무역흐름에 영향을 미치는 인자인데, 공통언어, 과거 식민지 관계, 무역협정 여부, 공통화폐 사용 등은 수출입 확산에 영향을 미친다.

〈그림 3-15〉의 계산식은 최소제곱법을 사용하여 추정할 수 있다. 감축조치 x 를 적용하였을 때, 수출국 c 의 무역흐름 합계는 해상운송비용과 같은 변수의 직접적 영향을 받는다. 따라서 $\Delta TF_{x,c} = \alpha_1 \times \Delta TC_{x,c}$ 와 같은 식으로 추정할 수 있으며, α_1 은 무역흐름에서 해상운송비용의 부분효과를 나타낸다.

(3) GDP 영향(Impact on Gross Domestic Product)

무역흐름모델은 특정 국가의 GDP에서 수출과 수입을 평가하기 위해 사용된다. GDP는 가계소비(C), 정부소비(G) 및 투자비(I, 생산을 위해 사용된 자산)의 합에서 수출값(X)과 수입값(M)의 차이를 제한 값이다. ($GDP=C+G+I+(X-M)$)

x 라는 감축 조치가 수출국 c 의 무역흐름에 미치는 영향 ($\Delta TF_{x,c}$)은 수출국 c 의 GDP에 영향을 미치므로 두 관계를 정립할 필요가 있다. 수출값이 변할 경우 GDP의 변화량은 결국 수출값(X)의 변화량이므로 수출국 c 의 특정 연도 t 에서 GDP와 무역흐름의 관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \Delta GDP_{x,c,t} &= \Delta X_{c,t} \\
 \frac{\Delta GDP_{x,c,t}}{GDP_{x,c,t}} &= \frac{X_{c,t}}{GDP_{x,c,t}} \times \frac{\Delta X_{c,t}}{X_{c,t}} \\
 &= \frac{X_{c,t}}{GDP_{x,c,t}} \times \Delta TF_{x,c}
 \end{aligned}$$

비슷한 방식으로 x라는 감축 조치가 수입국 p의 무역흐름에 미치는 영향($\Delta TF_{x,p}$)은 GDP의 변화로 판단할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \Delta GDP_{x,p,t} &= \Delta(M_{p,t}) \\
 \frac{\Delta GDP_{x,p,t}}{GDP_{x,p,t}} &= \frac{-M_{p,t}}{GDP_{x,p,t}} \times \frac{\Delta M_{p,t}}{-M_{p,t}} \\
 &= \frac{-M_{p,t}}{GDP_{x,p,t}} \times \Delta TF_{x,p}
 \end{aligned}$$

결과적으로 GDP 전체적인 영향은 수출 및 수입 변화의 결과를 합한 것이 되므로 <그림 3-16>과 같다.

<그림 3-16> GDP 영향 계산식

$$\frac{\Delta GDP_{x,c,t}}{GDP_{x,c,t}} + \frac{\Delta GDP_{x,p,t}}{GDP_{x,p,t}} = \left(\frac{X_{c,t}}{GDP_{x,c,t}} \times \Delta TF_{x,c} \right) + \left(\frac{-M_{p,t}}{GDP_{x,p,t}} \times \Delta TF_{x,p} \right)$$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), p. 16

(4) 배출량 계산

선박의 운항에서 온실가스 배출과 관련된 2가지의 주된 요소는 연료 종류별 소비량과 온실가스 배출 계수이다. 연료 소비는 선박의 기관(engine) 변수와 운항속도에 따라 달라진다. 연료 소비와 온실가스 배출의 측정 단위는 비율 또는 규모로 나타내어야 하며, 연료 소비는 배출 계수와 같은 규모에서 측정되어야 한다. 예를 들면, 운항 대비 총 연료소비량은 시간 또는 거리를 고려하여 ton 또는 kg으로 계산하는 것이 가능하다.

연료 소비(배출)는 선박의 특성과 운항 조건에 따라 달라진다. 따라서 수출국 i 와 수입국 j 가 t 라는 연도에 화물 k 를 운송하는 자료에 초점을 맞추어 운송을 위해 사용된 선종에 화물을 연관시키는 것이 필요하다. 다만, 선박의 이동정보가 각 화물의 정보를 제공할 수 없기 때문에 일부 가정(운항 지역, 화물에 따른 선종, 선박의 평균적인 크기, 수요와 공급의 완벽한 재분배 등)은 수반되어야 한다.

시간당 선박의 출력은 속도와 세제곱 관계에 있는 점을 중심으로 출항지 i 와 도착지 j 를 운항하는 s 라는 선박의 운항 대비 연료 소비를 나타내면 다음과 같다.

$$FuelCons_{ijs} = [\Gamma_s (\frac{v_{is}}{v_{os}})^3 + AF_s] \frac{Dist_{ij}}{24 \times v_{1s}}$$

Γ_s 는 주기관의 연료 소모 관련 선박의 변수, AF_s 는 전기 생산을 위한 보조기관의 연료소비, v_{1s} 는 운항속도, v_{0s} 는 지정속도, $Dist_{ij}$ 는 출항지 i 와 도착지 j 의 거리를 나타낸다.

온실가스 배출은 특정 온실가스 g 를 배출하는 화학원소가 연료에

존재하는 비율(E)와 온실가스 g 에 있는 화학원소의 변환율(K)와 연료 소비를 고려하여 <그림 3-17>과 같이 나타낼 수 있다.

<그림 3-17> 온실가스 배출량 계산식

$$Emission_{ijs}^g = E \times K \times FuelCons_{ijs} = E \times K \times [\Gamma_s \left(\frac{v_{is}}{v_{os}}\right)^3 + AF_s] \frac{Dist_{ij}}{24 \times v_{1s}}$$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), p. 18

(5) 비용효과분석

온실가스 감축 조치의 비용효과지수는 물리적 단위 대비 비용 또는 CO₂ 톤 대비 비용과 같이 비용을 효과의 단위로 나누어 계산될 수 있다. $CEI_{x,c}^g$ 는 조치 x 의 채택에 따른 국가 c 의 GDP 변화 관계로서 <그림 3-18>과 같이 정의할 수 있다.

<그림 3-18> 비용효과지수 산식

$$CEI_{x,c}^g = \frac{\Delta GDP_{x,c}}{\Delta Emission_{x,c}^g}$$

자료: IMO 의제문서(ISWG-GHG 5/INF.3), p. 26

비용과 효과에 대해 측정된 모든 값들은 같은 시기에 해당되어야 하며, 조치를 이행한 결과 배출량은 증가하고 GDP는 감소하는 경우 CEI의 결과는 음의 값이 나올 수 있음을 감안해야 한다.

2) 한계저감비용곡선(MACC: Marginal Abatement Cost Curves)

한계저감비용이란 온실가스 감축을 목적으로 시스템에 기술적 변화를 주거나 연료를 변경할 경우 온실가스 1톤을 감축하는 데 발생하는 비용을 말한다. 한계저감비용은 아래와 같은 산식으로 계산할 수 있다(그림 3-19 참고). 기술투자 관련 비용은 투자비, 유지비, 금융비용 등 사업시행에 있어 들어가는 비용을 의미하며, 기술투자 관련 수익은 비용을 절감함으로 인하여 얻는 수익을 뜻한다.

〈그림 3-19〉 한계저감비용 계산식

$$MAC = \frac{(\text{목표기간 내 기술투자 관련 비용} - \text{목표기간 내 기술투자 관련 수익})}{\text{목표기간 내 온실가스 저감량}}$$

자료: 에너지관리공단(2015), p. 56

일반적으로 온실가스 감축과 관련하여 전략을 수립할 때 다음과 같은 절차를 거친다(그림 3-20 참고). 실질적으로 어떤 기술을 도입할지 알아보는 방법 중에 하나로 한계저감비용곡선을 산출하는데, 각각의 기술별로 한계저감비용을 산출한 후 결과를 토대로 그래프를 그리면 〈그림 3-21〉과 같은 모형이 나타난다.

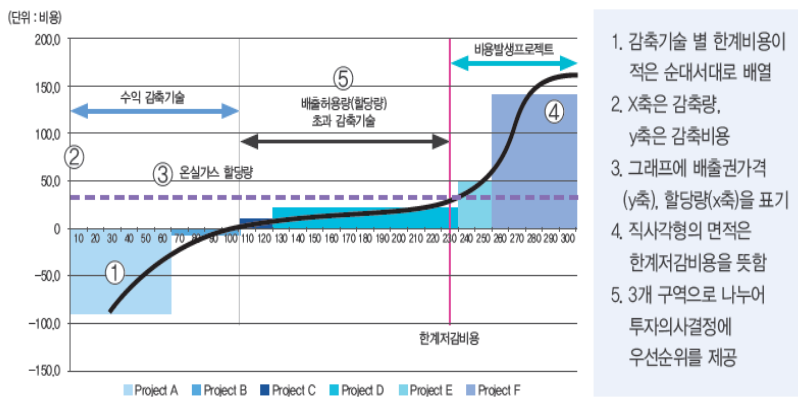
〈그림 3-20〉 온실가스 감축전략 수립 절차



자료: 에너지관리공단(2015), p. 58

한계저감비용곡선은 온실가스 감축목표를 달성하고자 온실가스를 줄일 수 있는 기술의 집합을 한계저감비용이 낮은 순으로 나열하여 시각화한 그래프이며, 다양한 감축기술에 대한 투자 의사결정이 용이하도록 돕는다.⁴⁰⁾ x축은 감축량, y축은 감축 비용이고, 그래프 면적은 각각의 감축기술을 통한 한계저감비용을 나타낸다.

〈그림 3-21〉 한계저감비용 그래프



자료: 에너지관리공단(2015), p. 59

IMO 초기전략의 개정전략을 위한 후속조치(follow-up actions towards the development of the revised strategy)에 각 조치가 적절한지는 한계저감비용곡선으로 알아낸 다음 정기적으로 평가되어야 한다고 언급되어 있다. 또한, IMO 3차 GHG Study 보고서에도 한계저감비용곡선은 연료 가격과 효율의 개선 사이에서 피드백을 얻을 수 있다는 이점이 있다고 말한다. 하지만 2030년과 2050년 사이에는 한계저감비용곡선을 도출하는 것에 큰 이점이 거의 없다고 하는데 이는 검증되지 않은 기술에 대한 기술 비용과 감소에 대한 잠재력의

40) 김태형(2019), pp. 47~48.

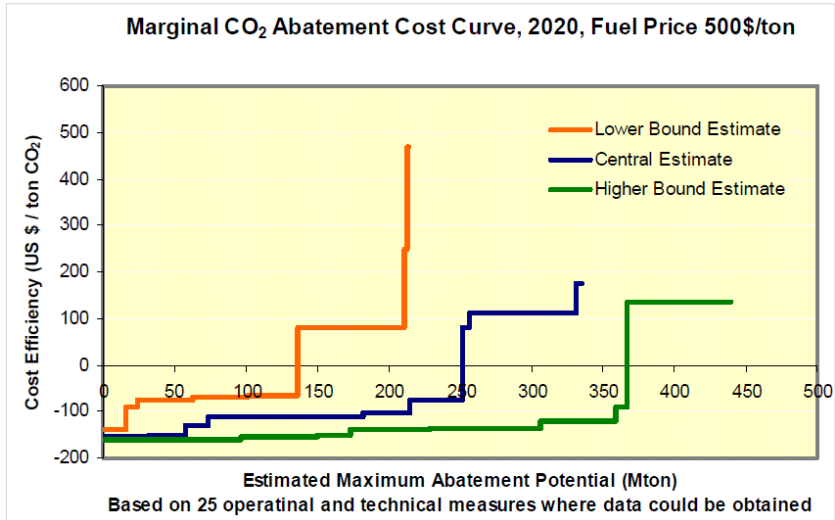
불확실성이 급격하게 증가하기 때문이라고 설명한다.

해운분야에서 한계저감비용곡선을 다룬 것은 2009년 IMO에서 수행한 2차 GHG Study 보고서, 2010년 노르웨이·독일 선급(DNV-GL)의 Pathways to low carbon shipping · 2011년 M. S. Eide *et al.*의 Future cost scenarios for reduction of ship CO₂ emissions, 영국 해양공학연구소(IMarEST)의 Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures, 네덜란드 환경컨설팅사(CE Delft)의 Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport 로 크게 4가지가 있다.

2009년 IMO 제2차 GHG Study에서 분석한 한계저감비용곡선(〈그림 3-22〉 참고)은 MARINTEK, CE Delft, DNV-GL과 협력을 통해 해운분야에서 처음으로 보고되었다. 이후 발표된 3개의 한계저감비용곡선은 IMO에서 발표된 것을 기반으로 하며, 연도(2020년 혹은 2030년), 기술의 수, 선박 유형·크기 등의 가정에서 차이가 존재한다.

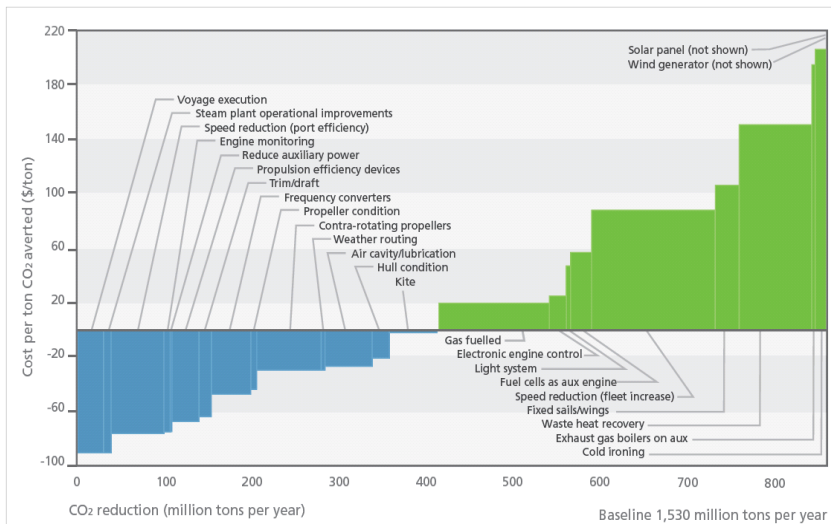
제2차 GHG Study에서 분석한 한계저감비용곡선은 〈그림 3-22〉와 같다. 첫째, 사회적 관점을 채택하였다. 온실가스 배출을 줄이기 위해서 세계경제, 선사가 지출한 비용은 나타내지 않고, 비용이 얼마나 줄어드는지만 추정하였다. 둘째, 온실가스를 감축할 수 있는 옵션을 더 추가한다면 온실가스 감축 잠재력이 더 커질 수 있다. 셋째, 특정 조치의 이용 가능성 및 제한과 같은 시장의 제약은 고려되지 않았다. 넷째, 온실가스 감축을 위한 일부 옵션은 비용이 마이너스(-)로 사회적 관점에서 보면 수익성이 있는 것으로 보이지만 실제 선사의 관점에서는 그렇지 않을 수도 있다.

〈그림 3-22〉 2020년 온실가스 한계저감비용



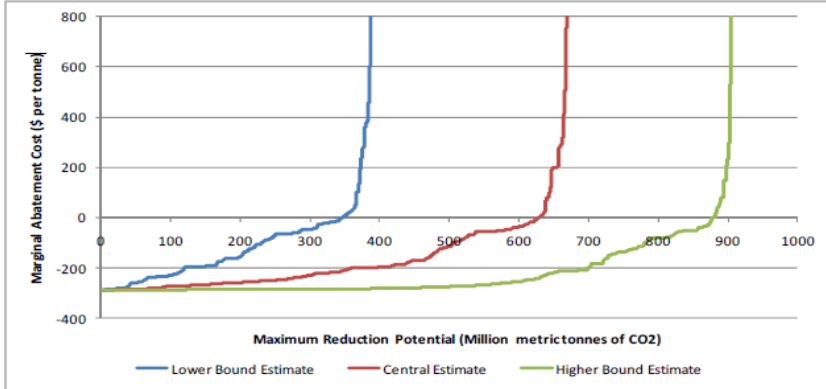
자료: IMO(2009), p. 75

〈그림 3-23〉 2030년 세계 선대 평균 온실가스 저감 비용



자료: DNV-GL(2010), p. 3

〈그림 3-24〉 2030년 통합 한계저감비용곡선

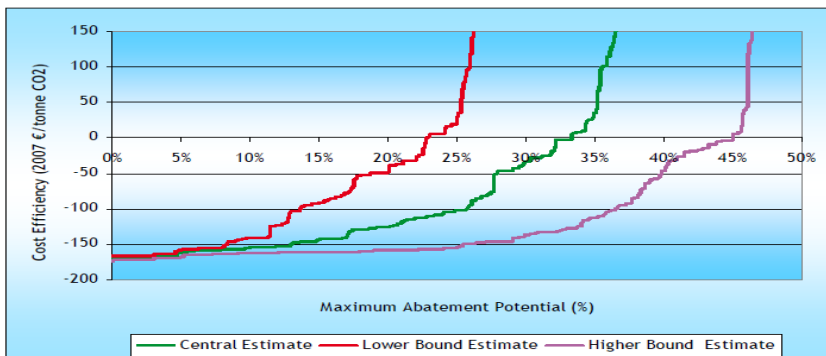


주: 톤당 연료가격 900달러, 모든 선박 10% 할인율 적용

자료: IMarEST(2010), p. 72

〈그림 3-24〉는 IMarEST에서 보고한 한계저감비용곡선으로 예상연료가격, 예상 선대, 예상 선대의 갱신율, 할인율, 현재 선대의 효율성, 현재 선대에서의 기술 활용, 미래 기술들의 활용 등 가정에 민감함을 보여준다.⁴¹⁾

〈그림 3-25〉 2030년 국제 해운 부문 온실가스 한계 비용



주: 톤당 연료가격 700달러, 이자율 9%

자료: CE Delft(2009), p. 74

41) CE Delft(2011), p. 13,

DNV GL, IMarEST, CE Delft에의 연구를 비교하면 <그림 3-26>과 같다.

<그림 3-26> 연구의 차이점

	Eide et al. (2011)	IMAREST (2010a)	CE et al. (2009)
Modelling interaction btw. measures	All measures can be combined with each other except for fuel cells (used as auxiliary engines) and gas fuelled engines.	Grouping Combination reduces reduction potential in absolute terms	Grouping Combination reduces reduction potential in absolute terms
Baseline emissions	Autonomous efficiency improvement: 2010: 5% 2020: 8% 2030: 10%	Frozen technology baseline	Frozen technology baseline
Baseline emissions in 2030	~1,500 Mt	~2,000 Mt	Reduction potential in rel. terms only (~1,900 Mt)
Coverage of measure types	25 measures	22 measures, 15 groups	28 measures, 12 groups
Cost and reduction potential data in base year	2 nd GHG Study data revised and amended	2 nd GHG Study data revised	2 nd GHG Study data
Fleet (age) structure	2008 fleet composition from LRF; SAI ship building and scrapping forecast for the short-run forecast; heuristic approach for long-term forecast	2007 age structure based on LRF data; 6 age categories of 5 yrs each; max. life time of ships = 30 yrs; IMO fleet data and forecast used for total ship numbers	Evenly distributed in 2007; max. life time of ships = 30 yrs; IMO fleet data and forecast used for total ship numbers
Fuel price 2030 (sensitivity analysis)	HFO: 350 USD/t MDO: 500 USD/t LNG: 350 USD/t	900 USD/t (700 USD/t, 1,100 USD/t)	700 USD/t (350 USD/t, 1,050 USD/t)
Discount rate (sensitivity analysis)	5% (8%)	10% (4%, 18%)	9% (4%, 14%)
Learning effects	Learning effects applied to several measures in terms of cost reductions and/or reduction potential increase; effect differs per measure.	For five innovative technologies, future cost reductions (10-15%) are anticipated for first 5 year period.	-

자료: CE Delft(2011), p. 18

3. 기타 고려요소

비용효과분석 과정에서 지리학적 거리, 화물의 가치 및 종류, 국가 운송의존성, 운송비, 경제 변동 시 연관성은 고려되는 사항이며, 분석의 결과로서 온실가스 감축 조치에 따른 배출 감소 효과와 비용효과성은 도출된다. 그렇기 때문에 <표 3-10>의 정량적 고려사항들은 비용효과분석 과정에서 반영될 수 있다.

<표 3-10> 영향평가 고려사항의 성격

번호	영향평가 고려사항	성격
1	선박에 미치는 영향	정성적 고려사항
2	배출 효과	정량적 고려사항
3	지리학적 거리 및 주요 시장과의 연관성	정량적 고려사항
4	화물의 가치와 종류	정량적 고려사항
5	국가의 운송의존성	정량적 고려사항
6	운송비	정량적 고려사항
7	식량 안보	정성적 고려사항
8	재난 대응	정성적 고려사항
9	비용효과성	정량적 평가
10	사회경제학적 진보 및 개발	정량적, 정성적 고려사항
11	일반적인 경제 변동 시 연관성	정량적 평가
12	긍정적/부정적 영향 및 해결방안	정성적 고려사항

자료: 저자 작성

그러나 그 외 식량 안보나 재난 대응과 같은 사항들은 정량적으로 분석하기엔 어려운 부분이 있다. 따라서 그러한 부분들은 군소도서국 및 저개발도상국의 상황을 고려하여 온실가스 감축 조치와 그로 인해 발생가능한 문제에 대한 연관성 및 방향성을 정성적으로 파악하는 것이 필요하다.

1) 선박에 미치는 영향

접근방법 1(현존선의 EEDI 프레임워크 적용)에서 접근방법 6(메탄 슬립 규제)까지의 온실가스 감축 조치들은 선박에 직접적인 영향을 미친다. 이와 같은 조치들은 선박의 개조 또는 운항 형태의 변화를 요구하기 때문에 폐선을 촉진하여 신조에 대한 수요를 증가시킬 수 있다.

특히, 선속의 최적화 및 감소에 대한 규제는 운항시간이 길어지기 때문에 이에 따른 선체에 해양생물의 생존시간이 길어져 생물량이 더 많아질 수 있다. 선체 하부의 따개비, 해조류 등과 같은 해양생물들은 마찰력을 높여 운항속도 감소와 연료 소모량을 증가시키기 때문에 고려할 필요가 있다.

2) 식량 안보

해운을 통해 식량을 조달하거나 조달받는 국가의 경우, 온실가스 감축 조치로 인해 영향을 받게 된다면 기초생활에 문제가 발생할 수도 있다. 또한, 선내의 식량 보급에도 영향을 미치게 된다면 선원들의 기본적인 생활에도 문제가 발생한다.

3) 재난 대응

선박은 기상 악화 또는 위험회전수 구간과 같은 상황에서 속도를 증가시켜 회피할 수 있어야 하는데 온실가스 감축을 위해 그러한 기능을 발휘하지 못할 경우 안전을 확보하지 못할 가능성이 높아진다. 또한, 선내 작업 중 갑작스러운 선원의 사고로 인한 치료, 전염성이 높은 질병 확산의 예방, 가정사로 인한 예기치 못한 선원의 하선 및 교대 등의 상황이 발생한 경우 온실가스 감축 조치가 선원의 권리나 복지에 영향을 미치지 않는지 고려해야 한다.

제3절 분석결과 및 시사점

노르웨이가 제출한 의제문서로 반영된 조치 13개, ICS는 10개, 중국은 4개로, 총 37개의 조치 중 과반수를 차지하였다. 소수의 회원국들이 조치를 제안하였지만, 그 소수가 제안한 조치를 중심으로 회의가 진행되었다. 우리나라는 인센티브 지원, 지침 개발과 같은 제도적 중심의 조치들을 제안하였지만, 상위 7가지의 접근방법들이 업계에 더 직접적인 영향을 주는 조치들이 많았다. 특히, EEXI의 경우 2022년, SEEMP 내 에너지효율목표 대상 설정에 대한 규정 마련 2021년, 선속 규정체계 마련 2022년, 최대평균속도값 2021년 또는 20202년, 신규 메커니즘 개발 2020년과 같이 단기의 종료시점인 2023년이 오기 전 취할 수 있는 조치와 채택 및 발효시기까지 제시하면서 우리나라의 입장 정립이 무엇보다 중요한 시점이다.

IMO의 회원국들이 합의한 영향평가 절차서에는 상세한 영향평가 분석방법보다는 ‘초기 영향평가 - 회원국 검토 - IMO 사무국 중심의 종합 영향평가 - 조치의 채택’과 같은 대략적인 조치의 규제 결정 순서와 영향평가를 위해 고려해야 하는 요소들을 담고 있었다. IMO의 영향평가에 대한 상세한 지침이 없어 조치를 제안하는 회원국마다 영향평가 방법과 결과의 상세 정도가 다소 상이할 수 있다. 이에 반해 우리나라는 이미 행정법상의 규제영향평가 제도를 제정하여 운영하고 있는데, 규제에 대한 기술영향평가, 중기영향평가, 경쟁영향평가와 같은 3가지 종류의 영향평가를 실시해야 하며, 작성을 위한 상세 지침도 공지하고 있다. 따라서 증거기반의 정량적 영향평가 결과를 도출하고 장기적으로 규제 도입을 위한 조치의 영향평가 체계를 마련하기 위해서는 기존 합의된 영향평가 절차의 상세화 및 표준화

작업이 필요하다.

우리나라는 영향평가 절차에 포함된 영향평가 분석 도구와 같은 해운분야에 특화된 영향평가 방법을 마련해 놓지 않고 있다. 그렇기 때문에 우리나라에 유리한 조치와 불리한 조치를 판단하기 어렵고 어떠한 조치를 제안해야 할지 판단하기 쉽지 않다. 현재의 시점에서 이해관계자의 의견을 취합하여 조치들의 우선순위를 정하고 대응이 시급한 순서대로 조치에 대한 정책방향을 결정하는 것이 합리적이다. 다만, 향후 장기적인 관점에서는 해운(Shipping)과 해사(Maritime)에 대한 규제 도입 시 우리나라의 영향을 사전에 파악할 수 있도록 분석 도구와 분석 체계를 마련할 필요가 있다.

제 4 장

IMO 선박 온실가스 감축 규제 대응방안

제1절 선박 온실가스 감축 규제 정책방향

1. 우선순위 설정방법

14가지의 접근방법 모두 중요한 부분이지만 조치의 시행을 위한 노력 대비 성과 및 목표 달성의 정도, 정책적 실현가능성과 수용성 등에 따라 각각의 중요도는 달라진다. 본 연구에서 모든 접근방법에 대한 정량적 분석방법 적용이 불가능하기 때문에 우선순위 도출을 위해 계층화분석법(AHP: Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP 분석)을 진행하는 것이 가장 합리적이다. AHP 분석은 평가에서 고려되는 항목을 계층화하여 상대적 중요도를 측정함으로써 최종 판단을 도출하는 의사결정 기법이다.

‘국제해운 온실가스 감축 정책’이라는 목표를 설정하고 효율성, 효과성, 시행가능성, 정책적 수용성이라는 평가 기준 아래 14가지의 접

근방법을 하위항목으로 두었다. 온실가스를 감축하기 위한 접근방법 14가지를 4개의 평가 기준을 중심으로 중요도를 평가할 수 있다. 그러나 14가지 접근방법의 우선순위 도출을 위해 14개 항목을 모두 쌍대비교하는 것은 설문대상자의 피로도와 일관성에 문제가 있을 수 있다. 따라서 4개의 평가기준에 대해서는 쌍대비교를 통해 중요도를 평가하고, 14개의 접근방법에 대해서는 절대비교를 진행하여 가중치를 도출하였다.

〈그림 4-1〉 GHG 감축 조치의 우선순위 도출을 위한 계층 구조



자료: 저자 작성

평가 기준은 쌍대비교와 절대비교를 결합하여 AHP 분석을 진행한 선행연구에서 제시한 정책수단의 평가 기준을 인용하였다.⁴²⁾ 효율성(Efficiency)은 가치 있는 성과를 달성하기 위해 필요한 노력의 정도를 측정하는 개념으로 비용과 같은 투입 대비 편익 등의 산출 효과의 정도를 비율로 평가하는 기준이다. 효과성(Effectiveness)는 정책 목표의 달성 정도를 측정하는 개념으로 정책 시행에 따른 환경오염 감축 목표의 달성 여부를 평가하는 기준이다. 효율성은 효과를 얻기 위한 노

42) 신용광 외(2005)

력의 정도를 고려하는 반면, 효과성은 노력보다는 정책을 시행할 때 설정한 목표를 얼마나 달성했는지 정책 결과에 더 초점을 둔다는 점에서 효율성과 효과성의 차이가 있다.

다른 평가 기준으로는 시행가능성(Enforceability)과 정책적 수용성(Political Acceptability)가 있다. 시행가능성은 정책 목표 달성을 위해 국민의 참여를 얼마나 유도할 수 있는지를 측정하는 개념이다. 정책의 정당성이 강하여 강제적으로 개인에게 정책 프로그램에 참여하도록 할 수 있고, 그에 따라 정책을 시행할 수 있는 가능성을 의미한다. 정책적 수용성은 정책적인 조치에 대한 정치적 지지 정도를 측정하는 개념으로 조치가 정책으로 개발될 가능성을 의미한다. 시행가능성은 필요성에 따른 하향식 정책 수립 방식이고, 정책적 수용성은 수요를 중심을 두고 상향식 정책 수립 방식이라는 점에서 시행가능성과 정책적 수용성의 차이가 있다.

〈표 4-1〉 평가기준의 정의

효율성 (Efficiency)	가치 있는 성과를 달성하기 위해 필요한 노력의 정도 (투입 대비 산출 비율)
효과성 (Effectiveness)	정책 목표의 달성 정도 (환경오염에 대한 감축 목표 달성 여부)
시행가능성 (Enforceability)	정책의 정당성 (정책 목표 달성을 위한 강제적 시행가능성 여부)
정책적 수용성 (Political acceptability)	정책적 지지 정도 (조치가 정책으로 개발될 가능성)

자료: 신용광 외(2005), p. 44 바탕으로 저자 작성

해운의 온실가스 감축을 위한 조치들의 중요성을 고려하여 14가지의 접근방법의 우선순위를 도출하기 위해서는 기본적으로 접근방법과 조치에 대한 이해도가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 IMO 회의에

참석한 경험이 있거나 온실가스에 대한 이해도가 있는 산·학·연·관의 해양환경 전문가 20명을 대상으로 이메일을 통한 설문조사(2주의 응답기간)를 진행하였다. 이해도를 고려하여 설문대상자를 선정하였기 때문에 업계별 응답자 수가 다소 상이할 수 있음을 감안해야 한다.

평가 기준의 쌍대비교는 변수 요소 간 상대적 중요도를 비교하는 쌍대비교표가 제시되며, 중요하다고 생각되는 항목 쪽으로 중요도만큼 숫자에 표시하는 방식으로 설문이 진행된다. 예를 들어 비교되는 두 항목이 동일하게 중요하다고 생각되는 경우에는 같은 ①에 표시하고, 항목 A가 항목 B에 비해 매우 중요하다고 판단한 경우에는 항목 A쪽의 ⑦에 표시하는 것이다.

〈그림 4-2〉 쌍대비교 방식

평가 항목	절대 중요		매우 중요		중요		약간 중요		같은		약간 중요		중요		매우 중요		절대 중요	평가 항목
중요도	←-----										-----→							중요도
항목A	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	항목B

그러나 평가 기준의 쌍대비교에서 설문응답자가 응답한 항목 간 중요도 점수가 일관성을 가지지 못할수록 일관성 지수는 큰 값을 가진다. 본 연구의 우선순위 설정을 위한 설문조사에서는 4개의 평가 기준의 일관성 지수가 0.15를 초과하는 설문지는 우선순위 설정에 반영하지 않았다.

평가 기준의 쌍대비교 이후에는 평가 기준별 14가지 접근방법에 대한 중요도를 5점 척도 방식의 절대비교를 통해 측정하였다. 다른 접근방법에 관계없이 평가 기준에 따른 각 접근방법별 중요도를 주

관적으로 판단하여 표시하는 방식이다.

쌍대비교에서 나온 평가 기준의 가중치와 절대비교를 통한 대안의 가중치를 곱하여 접근방법별 상대적 가중치를 종합화할 수 있다. 각 접근방법별 가중치를 도출하고 가중치를 기준으로 우선순위를 설정한다.

2. 우선순위 설정 결과

1) 종합 우선순위

전체 설문조사 결과 국제해운의 온실가스 감축 접근방법 14가지에 대해 <표 4-2>와 같이 가중치를 도출하였다. 본 설문의 항목 개수가 14가지인 관계로 항목당 평균 가중치가 약 0.071(약 7.14%)로서 항목 간의 가중치 차이가 클 수 없는 한계가 있다. 그러므로 가중치 결과 1위인 접근방법 3과 14위인 접근방법 7의 차이는 약 0.02(약 2%)였다.

<표 4-2> 전체 설문조사 결과에 따른 항목별 가중치

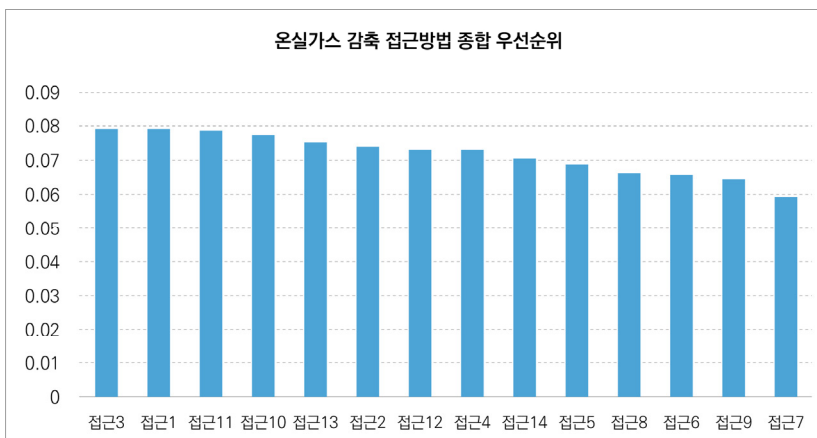
온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.078757	7.88%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.073537	7.35%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.078771	7.88%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.072299	7.23%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.068458	6.85%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.0654	6.54%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.058459	5.85%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.06637	6.64%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.064529	6.45%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.07733	7.73%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.078172	7.82%

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.072715	7.27%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.074976	7.50%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.070225	7.02%
합 계		1	100

자료: 저자 작성

온실가스 감축 접근방법별 우선순위는 <표 4-3>의 가중치를 기준으로 내림차순으로 정리하여 <그림 4-3>와 같이 세로형 막대 그래프로 나타내었다. 설문결과 우선순위가 높게 나온 상위의 접근방법은 접근방법 3(SEEMP 기반의 현존선 에너지효율 향상), 접근방법 1(EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상), 접근방법 11(선두주자 인센티브 제도)로 기술적 조치와 지원 제도였다. 하위의 접근방법은 접근방법 6(메탄슬립 감축 규제), 접근방법 9(항만개발활동 장려), 접근방법 7(휘발성 유기화합물 감축 규제)로서 CO₂ 이외의 추가적인 물질 규제에 대해서는 상대적으로 조치 필요성에 다소 덜 공감하였다.

<그림 4-3> 온실가스 감축 접근방법 우선순위(전체 설문결과)



자료: 저자 작성

2) 평가 기준별 우선순위

(1) 효율성 기준 우선순위

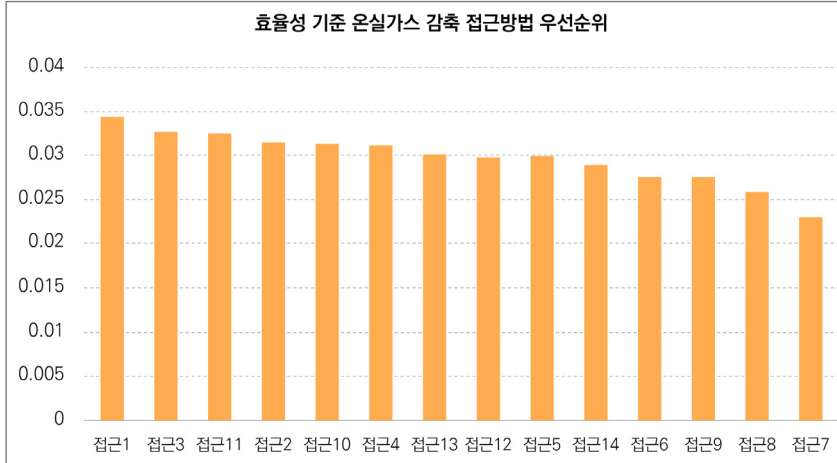
설문조사 응답자들은 판단한 정책수단으로서 14가지 접근방법을 평가한 기준에서 효율성에 전체 100% 중 41.48%의 비중을 두었다. 효율성을 기준으로 평가한 각 접근방법의 가중치는 평균 3%를 차지하였다. 효율성을 기준으로 접근방법의 우선순위를 설정하였을 때 상위에 기술적 조치(접근방법 1~4)와 재정적 지원 조치(접근방법 11)가 위치하였다. 휘발성 유기화합물 규제(접근방법 7), 국가계획 개발(접근방법 8), 항만활동 장려(접근방법 9)와 같은 접근방법은 우선순위에서 하위로 평가되었다.

〈표 4-3〉 효율성 기준 항목별 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.034115	3.41%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.031421	3.14%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.033666	3.37%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.030973	3.10%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.029626	2.96%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.027382	2.74%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.022893	2.29%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.025586	2.56%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.027382	2.74%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.030973	3.10%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.032319	3.23%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.029626	2.96%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.030075	3.01%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.028728	2.87%
합 계		0.414765	41.48

자료: 저자 작성

〈그림 4-4〉 효율성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(2) 효과성 기준 우선순위

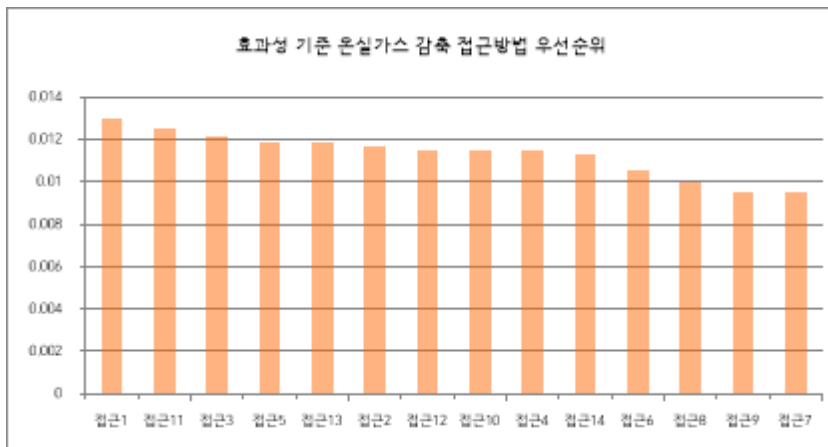
설문조사 응답자들은 판단한 정책수단으로서 14가지 접근방법을 평가한 기준에서 효율성에 전체 100% 중 15.83%의 비중을 두었다. 효과성을 기준으로 평가한 각 접근방법의 가중치는 평균 1%를 차지하였다. 효과성을 기준으로 접근방법의 우선순위를 설정하였을 때도 마찬가지로 상위에 기술적 조치(접근방법 1, 접근방법 3)와 재정적 지원 조치(접근방법 11)가 위치하였다. 하위의 접근방법 역시 휘발성 유기화합물 규제(접근방법 7), 국가계획 개발(접근방법 8), 항만활동 장려(접근방법 9)로 평가되었다. 전체적인 우선순위 배치가 종합 우선순위와 유사한 부분이 많은 것을 알 수 있었다.

〈표 4-4〉 효과성 기준 항목별 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.013004632	1.30%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.011670824	1.17%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.012171002	1.22%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.011504098	1.15%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.01183755	1.18%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.010503741	1.05%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.009503385	0.95%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.010003563	1.00%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.009503385	0.95%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.011504098	1.15%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.012504454	1.25%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.011504098	1.15%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.01183755	1.18%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.011337372	1.13%
합 계		0.15839	15.83

자료: 저자 작성

〈그림 4-5〉 효과성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(3) 시행가능성 기준 우선순위

설문조사 응답자들은 판단한 정책수단으로서 14가지 접근방법을 평가한 기준에서 시행가능성에 전체 100% 중 15.21%의 비중을 두었다. 시행가능성을 기준으로 평가한 각 접근방법의 가중치는 평균 1%를 차지하였다. 시행가능성을 기준으로 접근방법의 우선순위를 설정하였을 때는 종합 우선순위에서 중하위권에 있던 연구개발 활동(접근방법 10), 저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램(접근방법 13), 신규/혁신적 배출 감축 메커니즘(접근방법 14)와 같은 접근방법들이 상위권에 위치하였다. 또한 기술적 조치들(접근방법 1~3)이 중위로 평가되었다. 하위권에는 휘발성 유기화합물 규제(접근방법 7), 국가계획 개발(접근방법 8), 항만활동 장려(접근방법 9)가 있었고, 최하위의 접근방법로 속도 규제(접근방법 5)가 평가되었다.

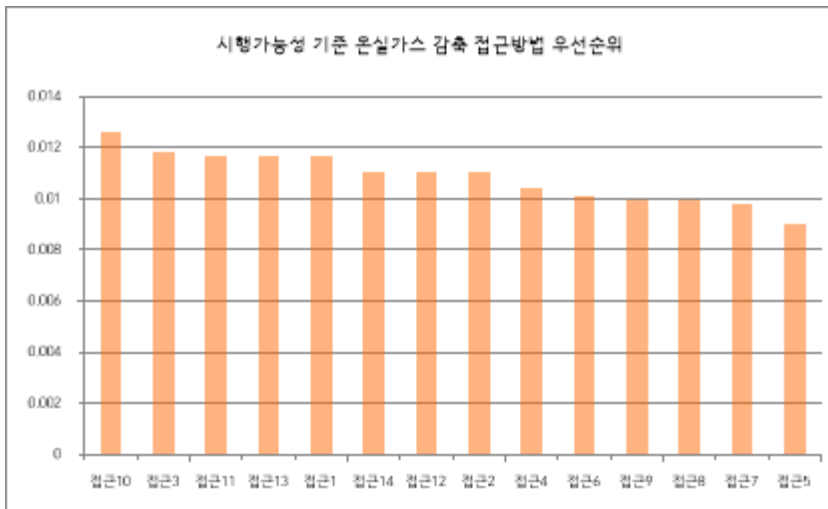
〈표 4-5〉 시행가능성 기준 항목별 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.011678664	1.17%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.011055802	1.11%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.011834379	1.18%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.01043294	1.04%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.0090315	0.90%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.010121509	1.01%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.009810078	0.98%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.009965793	1.00%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.009965793	1.00%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.012612957	1.26%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.011678664	1.17%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.011055802	1.11%

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.011678664	1.17%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.011055802	1.11%
합 계		0.151978	15.21

자료: 저자 작성

〈그림 4-6〉 시행가능성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(4) 정책적 수용성 기준 우선순위

설문조사 응답자들은 판단한 정책수단으로서 14가지 접근방법을 평가한 기준에서 정책적 수용성에 전체 100% 중 27.5%의 비중을 두었다. 정책적 수용성을 기준으로 평가한 각 접근방법의 가중치는 평균 2%를 차지하였다.

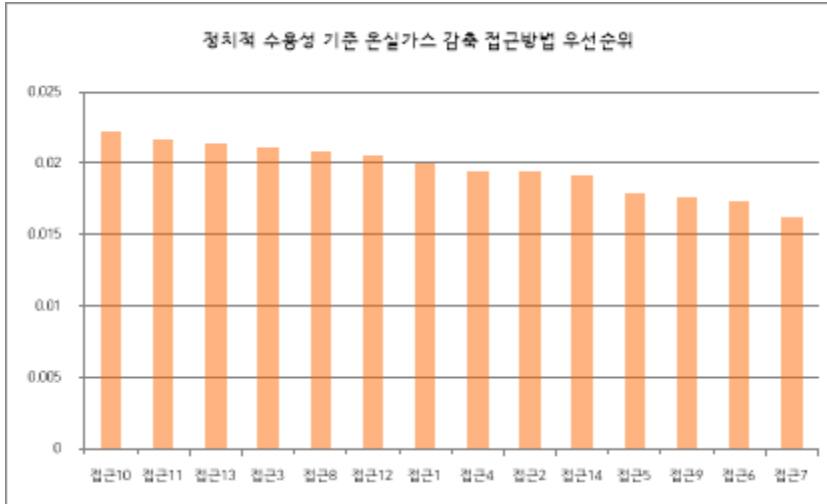
시행가능성을 기준으로 접근방법의 우선순위를 설정하였을 때는 간접적 지원 조치(접근방법 10, 11, 13)이 상위권에 위치하였으며, 기술적 조치는 중위로 평가되었다. 하위권은 CO₂ 이외의 추가적인 물질 규제(접근방법 6, 7)가 차지하였다.

〈표 4-6〉 정책적 수용성 기준 항목별 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.019959347	2.00%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.019389079	1.94%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.021099881	2.11%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.019389079	1.94%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.017963412	1.80%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.017393145	1.74%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.016252611	1.63%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.020814747	2.08%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.017678278	1.77%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.022240415	2.22%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.021670148	2.17%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.020529614	2.05%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.021385014	2.14%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.019103946	1.91%
합 계		0.274869	27.5

자료: 저자 작성

〈그림 4-7〉 정책적 수용성 기준 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(5) 평가 기준별 우선순위 비교

설문응답자들은 정책수단으로서 평가 기준 중 효율성과 정책적 수용성에 가장 높은 비중을 두었다. 우선 정책을 시행하기 위해 투입한 것 대비 편익과 같은 산출 효과의 비율이 가장 중요하다고 판단한 것이다. 다름으로는 정책적 수용성에 높은 비중을 두었는데 업계의 수요에 기반한 정책 수립이 정책의 결과와 필요성보다 중요함을 알 수 있었다.

〈표 4-7〉 평가 기준별 비중

단위: %

효율성	효과성	시행가능성	정책적 수용성	합 계
41.48	15.83	15.21	27.5	100

자료: 저자 작성

평가 기준별 비중에 따른 우선순위는 종합 우선순위에 많은 영향을 미치게 된다. 자세히 말하자면 높은 비중의 효율성 기준 우선순위가 종합 우선순위에 미치는 영향이 높게 된다. 그러므로 평가 기준별 우선순위를 비교해 볼 필요가 있다.

그럼에도 불구하고 공통적으로 SEEMP 기반의 현존선 에너지효율 향상(접근방법 3)과 선두주자 인센티브 지원 제도(접근방법 11)은 모두 상위권에 있었으며, EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상(접근방법 1)과 연구개발 활동 지원(접근방법 10)도 대부분의 평가 기준에서 상위에 위치하였다. 또한, 메탄슬립(접근방법 6) 및 휘발성 유기화합물 감축 규제(접근방법 7), 항만개발활동 장려(접근방법 9)는 모두 하위권에 있었으며, 국가행동계획 개발(접근방법 9)와 신규/혁신적 배출 감축 메커니즘 개발(접근방법 14)는 대부분의 평가 기준에서 하위에 위치하여 필요성에 공감되지 못하였다.

〈표 4-8〉 평가 기준별 우선순위 비교

평가 기준 우선순위		효율성	효과성	시행가능성	정책적 수용성
상위	1	접근방법 1	접근방법 1	접근방법 10	접근방법 10
	2	접근방법 3	접근방법 11	접근방법 3	접근방법 11
	3	접근방법 11	접근방법 3	접근방법 11	접근방법 13
	4	접근방법 2	접근방법 5	접근방법 13	접근방법 3
	5	접근방법 10	접근방법 13	접근방법 1	접근방법 8
중위	6	접근방법 4	접근방법 2	접근방법 14	접근방법 12
	7	접근방법 13	접근방법 12	접근방법 12	접근방법 1
	8	접근방법 12	접근방법 10	접근방법 2	접근방법 4

평가 기준 우선순위		효율성	효과성	시행가능성	정책적 수용성
	9	접근방법 5	접근방법 4	접근방법 4	접근방법 2
	10	접근방법 14	접근방법 14	접근방법 6	접근방법 14
	11	접근방법 6	접근방법 6	접근방법 9	접근방법 5
하위	12	접근방법 9	접근방법 8	접근방법 8	접근방법 9
	13	접근방법 8	접근방법 9	접근방법 7	접근방법 6
	14	접근방법 7	접근방법 7	접근방법 5	접근방법 7

자료: 저자 작성

3) 설문응답자 업계별 우선순위 비교

(1) 산업계 응답자의 우선순위

해운 및 조선업계에 종사하고 있는 설문응답자는 선두주자에 대한 인센티브 제도(접근방법 11)를 8.19%로 가장 중요한 방법으로 평가하였다. 최하위는 국가행동계획 개발(접근방법 8)이며 5.34%로서 최상위와 2.85%의 차이를 보였다.

산업계 응답자가 설정한 우선순위의 상위권은 대부분 제도적 지원이 다수였다. 기술적 조치가 중위권에 포함되어 있지만 인센티브 제도, 저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램(접근방법 13), 연구개발 활동 착수 및 지원(접근방법 10), 모든 연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침 개발(접근방법 12)과 같은 간접적 조치를 중요한 것으로 판단하였다.

하위권은 국가행동계획 개발, 휘발성 유기화합물 감축 규제(접근방법 7), 최적 속도 및 감속 규제(접근방법 5), 항만개발활동 장려(접

근방법 9)와 같이 추가적인 규제와 활동에 대한 접근방법이었다.

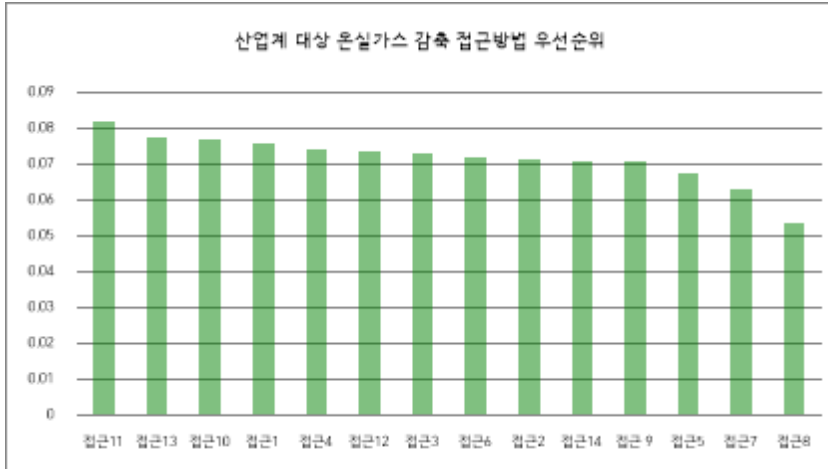
산업계 응답자의 우선순위를 분석해 보면, 산업계는 기술적 조치에 대해서는 공감하지만 온실가스 감축을 위한 추가적인 오염물질 규제나 개발활동은 선호하지 않았다. 추가적인 규제를 결정하거나 개발활동을 정하기 이전에 동기를 부여할 수 있도록 인센티브 제도를 마련하는 것에 크게 공감하였다. 또한, 규제 시행에 앞서 연구를 통한 지침이나 프로그램 개발 등을 통해 사전적인 검토 과정이 우선시 되어야 한다는 의견을 가지고 있었다.

〈표 4-9〉 산업계 설문결과에 따른 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.075905	7.59%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.071187	7.12%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.072744	7.27%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.074009	7.40%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.067161	6.72%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.071983	7.20%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.062801	6.28%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.0534	5.34%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.070439	7.04%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.07703	7.70%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.081902	8.19%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.073553	7.36%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.077146	7.71%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.07074	7.07%
합 계		1	100%

자료: 저자 작성

〈그림 4-8〉 산업계 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(2) 학계 응답자의 우선순위

해운분야 학계에 종사하고 있는 설문응답자는 최적 속도 및 감속 규제(접근방법 5)를 8.46%로 가장 중요한 방법으로 평가하였다. 최하위는 항만개발활동 장려(접근방법 9)이며 4.86%로서 최상위와 3.6%의 차이를 보였다.

학계 응답자가 설정한 우선순위의 상위권은 대부분 제도적 지원과 기술적 조치가 함께 포함되어 있었다. 최적 속도 및 감속 규제와 더불어 연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침(접근방법 12)과 저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램(접근방법 13)이 진행되어야 하고 기술적 조치로서 운항에너지효율지표 개발(접근방법 4)와 SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상(접근방법 3)도 중요하게 평가하였다.

하위권은 항만개발활동 장려, 신규/혁신적 배출 감축 메커니즘(접근방법 14), EEDI 추가 개발(접근방법 2), EEDI 기반 현존선 에너지

효율 향상(접근방법 1)과 같이 추가적인 활동과 다소 진보적인 규제에 대한 접근방법이었다.

학계 응답자의 우선순위를 분석해 보면, 학계는 국제해운의 온실가스 감축을 위해 현실적으로 가능한 기술적 조치와 제도적 조치를 시행해야 한다는 의견이 반영되었다. 기술적 조치를 시행하더라도 현재의 시점에서 업계에 미치는 영향이 크지 않은 속도 제한이나 SEEMP 기반의 현존선 에너지효율 향상과 같은 조치를 우선적으로 시행해야 한다고 판단하였다. 그와 동시에 연료의 탄소집약도나 황성화를 위한 지침과 프로그램이 개발되어야 한다는 것에 공감하였다.

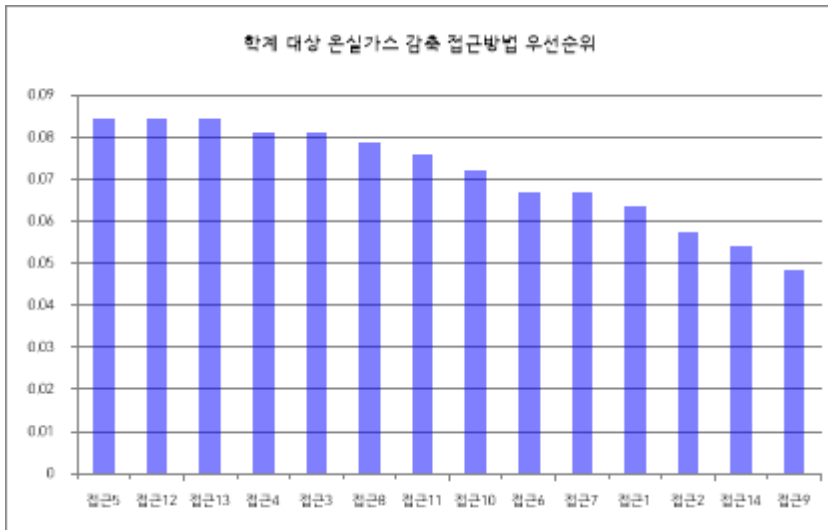
〈표 4-10〉 학계 설문결과에 따른 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.063419	6.34%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.057443	5.74%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.081258	8.13%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.081258	8.13%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.084558	8.46%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.066718	6.67%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.066718	6.67%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.078773	7.88%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.048618	4.86%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.072243	7.22%
접근방법 11	선주주자 인센티브 제도	0.075733	7.57%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.084558	8.46%

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.084558	8.46%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.054143	5.41%
합 계		1	100%

자료: 저자 작성

〈그림 4-9〉 학계 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(3) 연구계 응답자의 우선순위

해운분야 연구계에 종사하고 있는 설문응답자는 EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상(접근방법 1)을 8.34%로 가장 중요한 방법으로 평가하였다. 최하위는 휘발성 유기화합물 감축 규제(접근방법 7)이며 5.54%로서 최상위와 2.8%의 차이를 보였다.

연구계 응답자가 설정한 우선순위의 상위권은 현존선의 에너지효

을 향상에 관한 접근방법(접근방법 1, 3)이었으며, 그에 따른 연구개발 활동(접근방법 10)과 저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램 진행(접근방법 13)이 중요한 것으로 평가하였다. 연구계 응답자 답변으로 구성된 우선순위는 기술적 조치에 대한 중요도를 높이 평가하되, 그에 수반되는 연구와 프로그램 진행이 있어야 한다는 의견이 반영되었다.

하위권은 휘발성 유기화합물 감축 규제와 더불어 메탄슬립 감축 규제(접근방법 6)와 항만개발활동 장려(접근방법 9)로 온실가스 감축을 위한 추가적인 오염물질 규제와 활동범위의 증가는 상대적으로 중요도를 낮게 평가하였다.

연구계 응답자의 우선순위를 분석해 보면, 연구계는 온실가스 감축을 위해 진보적인 기술적 조치 채택에 대한 IMO 회원국들의 여론이 증가하는 국제사회 분위기에 따라 현실적으로 현존선 에너지효율 향상에 대한 대처는 불가피하다는 것을 고려한 것으로 판단된다. 이제는 신조선뿐만 아니라 현존선에 대한 에너지효율 향상에 대응함과 동시에 관련한 연구와 프로그램 개발이 수반되어야 한다는 의견이 반영되었다. 아울러 휘발성 유기화합물, 메탄슬립, 최적 속도 및 감속에 관한 추가적인 규제에는 지침과 메커니즘 개발 같은 선행작업이 우선되어야 한다고 평가하고 있다.

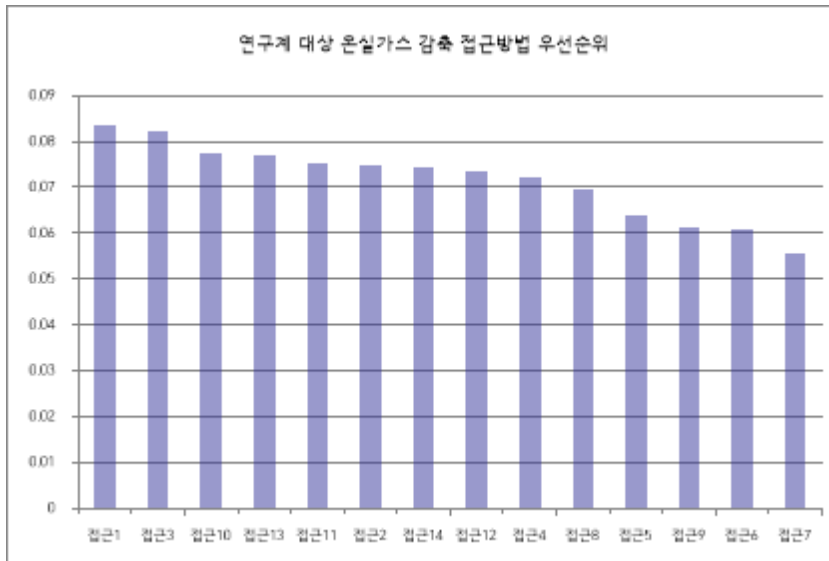
〈표 4-11〉 연구계 설문결과에 따른 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.083372	8.34%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.074934	7.49%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.08202	8.20%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.071953	7.20%

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.063673	6.36%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.060983	6.10%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.05541	5.54%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.069461	6.94%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.061034	6.10%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.07735	7.74%
접근방법 11	선주자 인센티브 제도	0.075272	7.53%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.073256	7.33%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.07701	7.70%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.074272	7.43%
합 계		1	100%

자료: 저자 작성

〈그림 4-10〉 연구계 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(4) 정부 관계자의 우선순위

해운분야 정부 관계자에 속하는 설문응답자는 국가행동계획 개발(접근방법 8)을 8.42%로 가장 중요한 방법으로 평가하였다. 최하위는 휘발성 유기화합물 감축 규제(접근방법 7)이며 5.48%로서 최상위와 2.94%의 차이를 보였다.

정부 관계자가 설정한 우선순위의 상위권은 국가행동계획과 더불어 기술적 조치로서 SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상(접근방법 3), 최적 속도 및 감속 규제(접근방법 5), 운항에너지효율지표 개발(접근방법 4)였으며, 그에 따른 연구개발 활동 착수(접근방법 10)가 필요하다고 평가하였다.

하위권은 휘발성 유기화합물 감축 규제와 메탄슬립 감축 규제(접근방법 6) 같은 추가적인 오염물질에 대한 규제였다. 또한, 저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램(접근방법 13)과 신규/혁신적 배출 감축 메커니즘(접근방법 14)이 상대적으로 덜 중요한 접근방법으로 평가하였다.

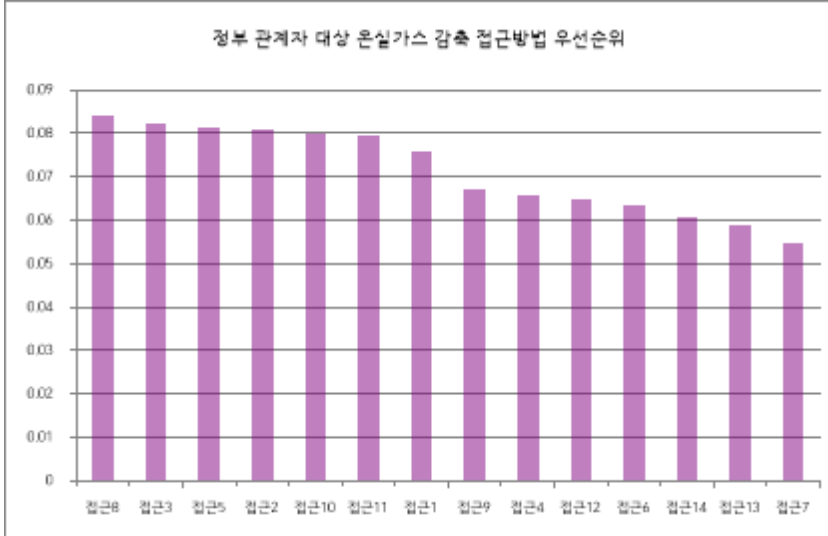
우선순위를 분석해 보면 정부 관계자는 국가행동계획 수립에 따른 기술적 조치에 대한 대응이 중요하다고 판단하고 있다. 이를 위한 연구개발 활동이 필요하고 산업계를 지원할 수 있는 인센티브 필요성에 대해서도 공감하고 있다. 하지만 온실가스 감축을 위해 휘발성 유기화합물과 메탄슬립에 대한 추가적인 규제에 대해서는 상대적으로 중요도를 적게 평가하였다.

〈표 4-12〉 정부 관계자 대상 설문결과에 따른 가중치

온실가스 감축 접근방법		가중치	백분율
접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	0.075783	7.58%
접근방법 2	EEDI 추가 개발	0.080974	8.10%
접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	0.08233	8.23%
접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	0.065847	6.58%
접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	0.081532	8.15%
접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	0.063233	6.33%
접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	0.054832	5.48%
접근방법 8	국가행동계획 개발	0.084224	8.42%
접근방법 9	항만개발활동 장려	0.067242	6.73%
접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	0.079846	7.98%
접근방법 11	선주주자 인센티브 제도	0.079668	7.97%
접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	0.064619	6.46%
접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	0.059014	5.90%
접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	0.060857	6.09%
합 계		1.000001	100%

자료: 저자 작성

〈그림 4-11〉 정부 관계자 대상 온실가스 감축 접근방법 우선순위



자료: 저자 작성

(5) 설문응답자 업계별 우선순위 비교

평가 기준 비중과 마찬가지로 설문대상의 직종은 이해관계와 연관이 있으므로 설문대상자의 업종 비율에 따라 종합 우선순위에 많은 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 IMO에서 추진하고 있는 온실가스 감축 규제에 대한 이해도가 있는 전문가를 대상으로 설문조사를 진행하였기 때문에 업종별 응답자 비율을 동일하게 하지 못한 한계가 있다. 그러므로 업계별 우선순위를 비교하여 어떠한 차이가 있는지 확인하였다.

평가 기준별 우선순위 비교와 달리 업계별 우선순위 비교에서는 업계에 관계없이 모두 상위권에 있는 접근방법은 존재하지 않았다. 그렇지만 대부분의 업계에서 공감한 상위권의 접근방법은 SEEMP 기반의 현존선 에너지효율 향상(접근방법 3), 연구개발 활동 지원(접근

방법 10), 저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램(접근방법 13)이었다. 국내 전문가들은 다소 진보적인 기술적 조치보다는 연구와 프로그램을 통해 경험을 축적하거나 현실적으로 가능한 조치의 업그레이드를 통해 감축에 대처하는 것을 우선적으로 생각하였다.

반대로 휘발성 유기화합물 감축 규제(접근방법 7)는 업계에 관계없이 모두 하위권에 포함되었다. 또한, 항만개발활동 장려(접근방법 9)와 신규/혁신적 감축 메커니즘 개발(접근방법 14)은 대부분의 업계에서 낮은 우선순위를 두었다. 지금의 시점에서 추가적인 규제의 시행이나 활동범위의 증가를 고려하는 것은 상대적으로 시급성이 적다고 판단한 것으로 보인다.

〈표 4-13〉 설문대상자 업계별 우선순위 비교

평가 기준 우선순위		효율성	효과성	시행가능성	정책적 수용성
상위	1	접근방법 11	접근방법 5	접근방법 1	접근방법 8
	2	접근방법 13	접근방법 12	접근방법 3	접근방법 3
	3	접근방법 10	접근방법 13	접근방법 10	접근방법 5
	4	접근방법 1	접근방법 4	접근방법 13	접근방법 2
	5	접근방법 4	접근방법 3	접근방법 11	접근방법 10
중위	6	접근방법 12	접근방법 8	접근방법 2	접근방법 11
	7	접근방법 3	접근방법 11	접근방법 14	접근방법 1
	8	접근방법 6	접근방법 10	접근방법 12	접근방법 9
	9	접근방법 2	접근방법 6	접근방법 4	접근방법 4
하위	10	접근방법 14	접근방법 7	접근방법 8	접근방법 12
	11	접근방법 9	접근방법 1	접근방법 5	접근방법 6
	12	접근방법 5	접근방법 2	접근방법 9	접근방법 14
	13	접근방법 7	접근방법 14	접근방법 6	접근방법 13
	14	접근방법 8	접근방법 9	접근방법 7	접근방법 7

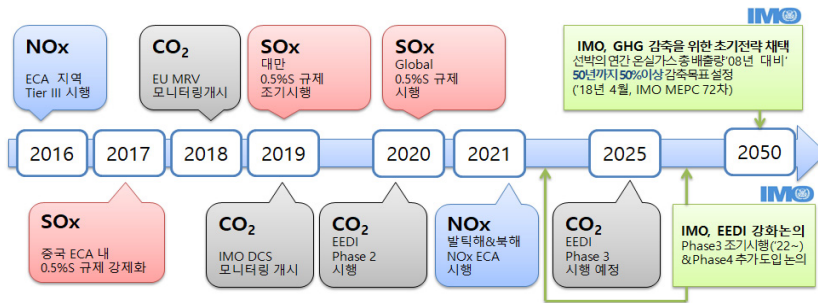
자료: 저자 작성

제2절 선박 온실가스 감축규제 대응정책

1. 목표 및 정책방향

선박으로부터의 대기오염물질의 감축을 위한 IMO의 환경규제정책은 아래의 <그림 4-12>과 같이 연도별로 다양하게 진행되어 왔고 이러한 환경규제협약의 대응을 위한 정부정책을 마련하고 국내법에 수용하여 규제대응을 위한 기술개발 형태로 이루어져 왔다.

<그림 4-12> IMO의 대기오염물질관련 규제 연도별 내용



자료: 저자 작성

이제는 IMO에 채택된 온실가스 감축조치에 대응하기 위한 정부 및 민간의 정책방향은 규제 대응조치를 넘어서는 산업계에 미치는 영향과 지구 전체의 기후변화에 대한 해상운송분야의 온실가스 감축 정책이 포함되어야 할 것이다. 특히 온실가스 총 배출량이 국내외 총 합계 3%미만을 배출하고 있는 선박으로부터의 온실가스 배출규제는 항만도시지역을 거점으로 상당히 밀도 있는 선박의 입항과 출항에 연계되어 도시민들의 건강과 직결되기 때문에 중앙정부 차원의 정책과 지자체와의 공동협력 정책 수립이 필요하다.

우선 중앙정부의 정책방향은 국제사회에서의 규제 대응에 충분히 대응하고 관련된 핵심기술개발을 통한 우리나라의 산업계의 경제성장에 밑거름이 되는 방향으로 설정되어야 할 것이다. 따라서 비전과 목표, 추진전략과 전략분야별로 구분하여 상세한 정책방향을 설계할 필요가 있다. 현재 IMO가 제시한 온실가스 감축목표가 2030년 40%, 2050년에 50%로 설정되어 있다.

관련하여 우리나라도 친환경선박 단계적으로 달성하고자 하는 목표를 설정하여야 한다. 첫째, 온실가스 14가지 감축조치에 방법을 활용하여 IMO 온실가스 감축 초기전략에 대한 대응의 관점에서 2008년 대비 단계별로 1단계는 2030년에 40% 감축목표, 기술개발을 고려한 2050년 70%의 감축목표를 설정하여야 한다. 두 번째 정부차원의 해운 산업 및 조선 산업의 장기발전계획을 수립하고 에너지효율 30%를 향상시키기 위한 ‘친환경선박 핵심기술개발(R&D)’을 추진하여야 한다. 셋째, 친환경선박 핵심기술 개발 상용화를 뒷받침할 수 있는 정책지원에 관한 법제도 개선과 규제를 해결하여 규제가 新산업을 창출하도록 지원정책을 마련하여야 한다. 넷째, 전략적인 추진방향을 미래 친환경 연료추진시스템의 개발, 에너지효율 향상, 친환경 핵심기자재 개발, 핵심기술의 성능평가 및 시험평가 등이 가능하도록 정부정책을 마련하여야 한다. 다섯째, 친환경선박법 기본계획과 보급계획에 반영하여 미래 친환경선박 핵심기술개발사업을 추진하고 친환경선박 핵심기술 개발 사업화를 통하여 실질적인 선박배출 온실가스 저감장치를 개발하여 IMO에 온실가스 규제에 대응하는 방향으로 정책이 수립되어야 한다. 여섯째, 친환경연료 사용에 대한 정부정책의 방향은 저탄소연료 → 혼소연료 → 무탄소 연료로의 전환을 가져오는 구체적인 로드맵을 개발하여 시행하여야 한다.

일곱째 실제 산업에서의 결과를 도출하기 위해서 정부와 민간은 공동으로 협력하여 온실가스 감축의 선순환구조의 생태계를 조성하고 민간 新시장창출을 위한 방향으로 설계되어야 한다. 특히 코로나19시대와 같이 경제적 변동과 경제 환경의 변화를 고려하여 정부와 민간의 역할분담이 이루어져야 한다.

IMO 환경규제를 고려하여 정부는 친환경선박 핵심기술개발을 적극적으로 추진하여 관련 실증 데이터를 확보하고 기술개발 여력이 부족한 기업에게 제공하여 실제 기업과 정부가 개발한 핵심기술이 상용화될 수 있도록 지원해야한다. 또한 친환경선박 추진사업의 생태계를 조성하기 위하여 해운산업, 해양진흥공사, 조선소, 기자재업체, 연구소, 검사기관, 정부 등이 국제표준화와 기술개발에 역량을 집중하고 연관 산업의 경제적 파급효과를 증대시키는 방향으로 친환경선박 신시장은 창출되어야 한다.

이러한 친환경선박 기술개발 및 보급 확대를 위한 개념이 포함된 그린뉴딜 정책으로 일자리 창출과 경제발전을 이루기 위한 방향으로 온실가스 감축조치에 대한 정책방향이 설정되어야 한다.

여덟째 정부의 협업체계가 무엇보다도 중요하다. 우리나라의 경우 조선산업과 해운산업이 독립적으로 산업부와 해수부에서 정책을 관할하고 있다. 다행스럽게 이번 친환경선박법은 두 부처가 공동으로 입법하여 협력을 하고 있다. 그러나 부처 간의 이해관계로 인하여 정책 집행과 기술개발(R&D)의 영역의 구분이 명확하지 않은 것도 있지만 상호 부처 간의 협력이 어려운 구조적인 문제도 있다. 따라서 친환경선박 핵심기술개발에 있어서는 기본계획에서 좀 더 명확하게 부처의 업무를 구분하고 실행계획과 보급계획에서 각 부처의 역할과 정책을 개발하여 포함시키고 계획대로 집행하는 것이 바람직하다.

마지막으로 상기에서 언급한 모든 정책방향이 정부와 민간이 협력하여 안전하고 깨끗한 바다를 이루는 <그림 4-13>와 같이 국가적 어젠다로 삼고 디지털화되어가는 해상물류시스템 전반의 패러다임을 전환시키는 방향으로 정책이 설정되어야 한다.

〈그림 4-13〉 미래 친환경선박 기반의 스마트해상물류 체계도

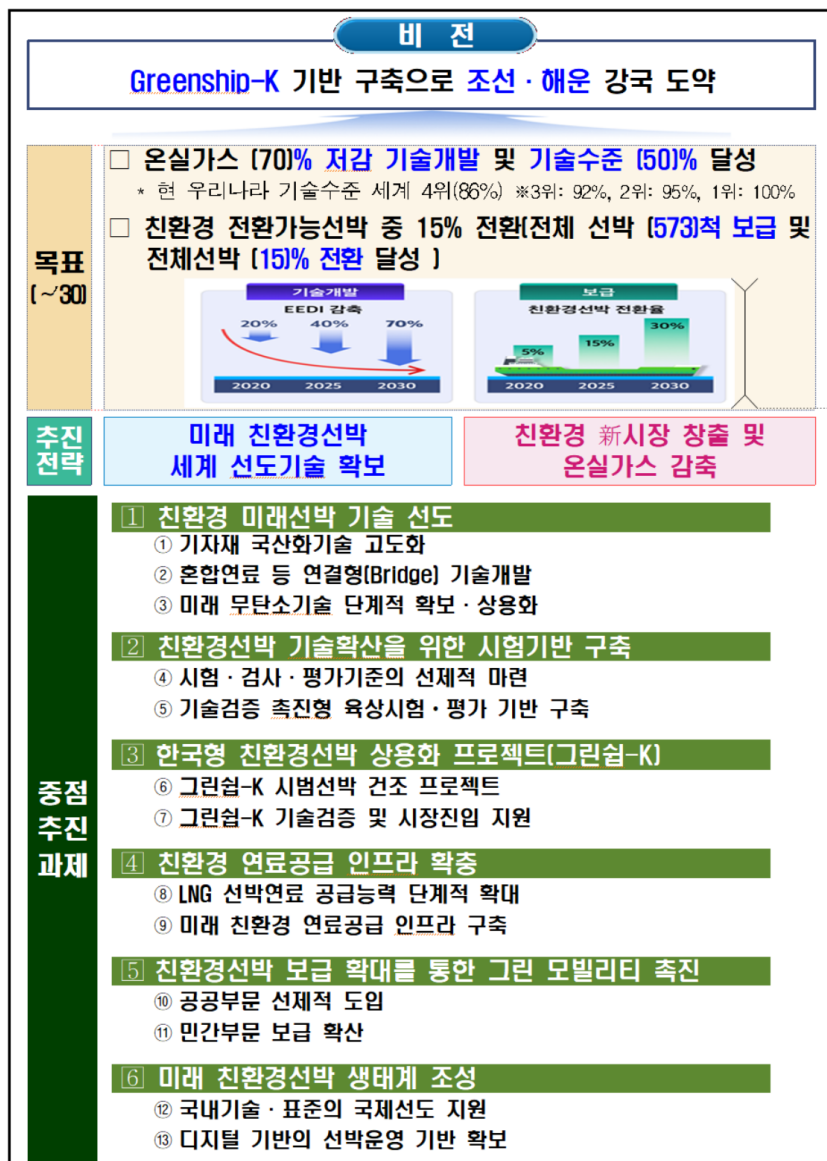


자료 : 해양수산부(2020)

2019년 12월에 제정된 산업부와 해수부의 공동입법인 친환경선박법에 대한 기본계획⁴³⁾ 및 시행계획을 수립하여 IMO 온실가스 감축 조치에 대한 초기전략의 주요내용을 반영하고 14가지 감축조치 방법에 대한 실제 연구를 수행하도록 정책을 수립하여야 한다.

43) 환경친화적 선박의 개발 및 보급에 관한 촉진법 제3조

〈그림 4-14〉 친환경선박법의 기본계획(안) 초안 및 방향

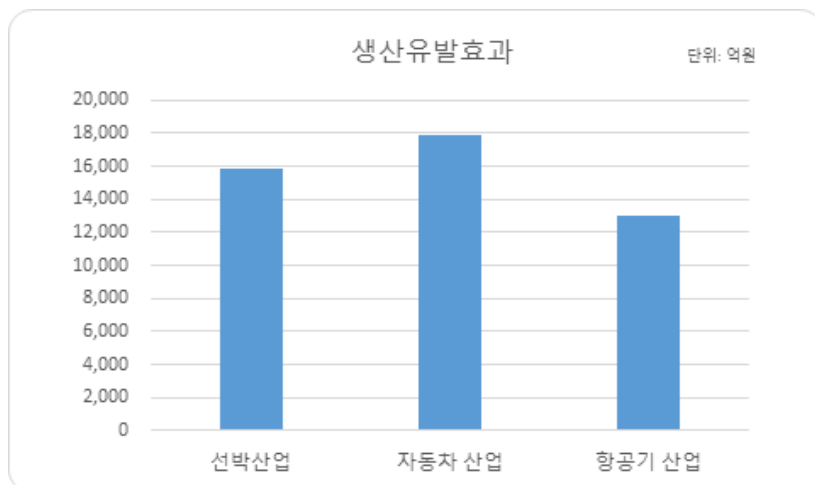


자료 : 해양수산부, 저자 재정리

〈그림 4-14〉와 같이 예시로 제시된 기본계획의 목표 및 비전, 전략과제를 고려하여 기본계획을 수립하고 이에 따른 시행계획을 마련하여야 한다. 친환경선박의 기본계획에는 ① 환경친화적 선박의 개발 및 보급에 관한 기본방향, ② 환경친화적 선박의 개발 및 보급에 관한 중장기 목표, ③ 환경친화적 선박의 연구개발 및 그 연구개발과 관련된 기반 조성에 관한 사항, ④ 액화천연가스 공급시설 등 선박동력원의 보급에 필요한 기반시설의 구축에 관한 사항, ⑤ 환경친화적 선박운항의 안전과 효율에 관한 사항, ⑥ 그 밖에 환경친화적 선박의 개발 및 보급과 관련된 필요한 사항 등을 포함하여야 한다. 결과적으로 기본계획에서 전략과제로 목표를 고려하여야 하는 것은 미래 친환경선박의 기술개발을 선도하여 조선·해운산업의 경쟁력을 높이는 방향으로 설계되고 기술개발을 위한 인프라 구축을 실현하여야 지속적인 발전을 이루어 세계 시장의 점유율을 높여갈 수 있다.

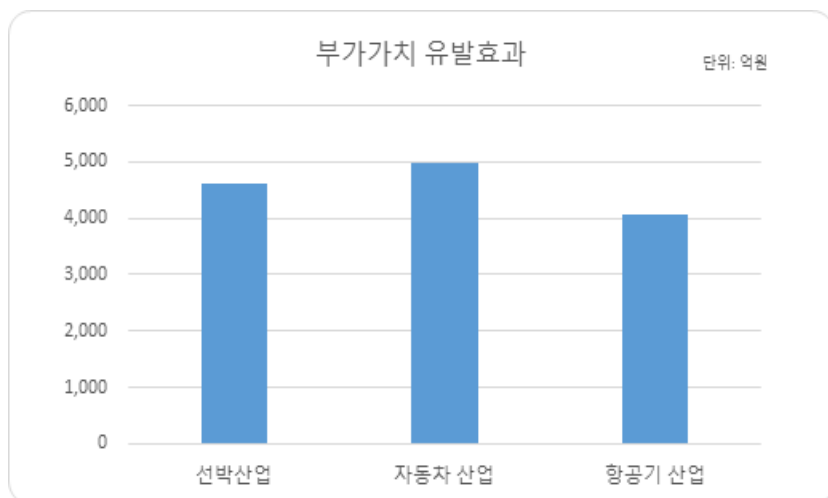
우리원(KMI)이 수행한 친환경선박법 기본계획(안) 초안에서 예시로 제시된 투자계획(약 7천억만 고려)에 따른 기대효과와 경제적 효과에 대한 분석을 수행하면, 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과 등의 결과를 얻을 수 있다. 이러한 경제적 파급효과를 바탕으로 정부정책을 수립하고 실질적인 성과지표를 설정하고 평가체계를 구축할 필요가 있다.

〈그림 4-15〉 친환경선박 기본계획에 따른 생산유발효과



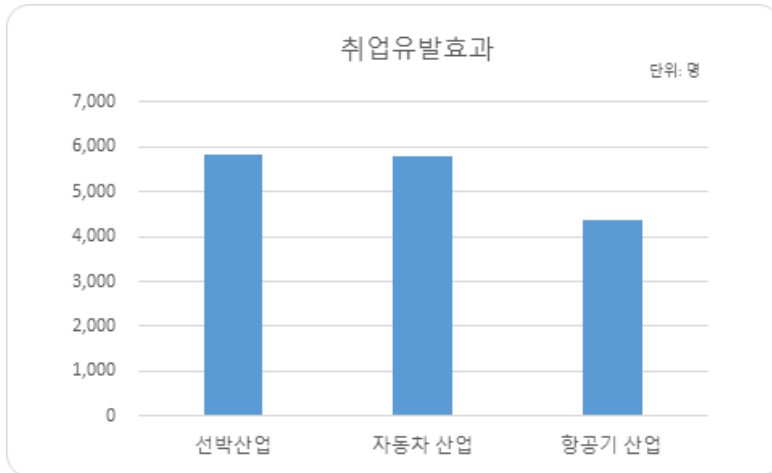
자료 : 저자 작성

〈그림 4-16〉 친환경선박 기본계획에 따른 부가가치 유발효과



자료 : 저자 작성

〈그림 4-17〉 친환경선박 기본계획에 따른 취업 유발효과



자료 : 저자 작성

2018년 한국은행에서 발행한 고용표⁴⁴⁾에 의하면 선박에 종사하는 인원은 모두 60,078명이며 자동차 산업은 373,456명이고 항공기 산업은 14,912명이다. 자동차 산업 고용인원의 약 16%를 차지하는 선박 산업에서 같은 금액의 투자를 하였을 경우 생산유발효과, 부가가치유발효과에서 크게 차이가 없으며 오히려 취업유발효과는 더 큰 것으로 파악되었다. 이러한 분석결과를 고려하여 생산유발효과, 부가가치유발효과 등을 고려한 정책이 수립되어야 한다.

44) 부속표의 취업자 수 및 피용자수(상품) 인용

2. 세부 정책과제

선박 온실가스 배출량을 감축하기 위한 IMO 및 회원국들의 노력은 지속되고 있다. 또한 과거 IMO 협약은 규제에 초점이 맞추어져 있어 관련 산업의 부담과 비용을 추가하게 되는 것으로 인식되어 왔다. 그러나 최근 선박평형수, 자율운항선박, 친환경선박의 예를 보면 규제가 새로운 산업을 창출하는 트렌드로 패러다임이 변화되고 있다는 것을 알 수 있다.

우선적으로 친환경선박을 확보하는 것이 IMO 온실가스 규제에 효과적으로 대응하는 것이다. 향후 친환경선박에 관한 기술개발과 국제표준화에 선도적으로 대응하는 것이 결과적으로 우리나라 관련 산업의 경쟁력을 높이는 결과를 가져올 것이다. 따라서 향후 IMO 온실가스 규제에 대응하고 기본계획을 충실히 이행하기 위해서 미래 세부과제로 추진되어야 할 사항은 ① 현존선에 대한 조치, ② 신조선박에 대한 조치, ③ 시장기반조치(MBM)와 같은 정책적인 조치, ④ 신규/혁신적 배출 감축메카니즘, ⑤ 저탄소 에너지효율, ⑥ 무탄소 에너지효율, ⑦ 대체연료에 대한 개발과 사용선박의 연구개발 등이 이루어져야 한다.

상기에서 언급한 7가지 세부과제에 대한 연구개발 기반을 구축하여 친환경선박 및 온실가스 규제에 대응하기 위한 생태계를 조성하기 위하여 정부정책에 포함되어야 하는 세부과제를 다음과 같이 제안하고자 한다.

1) 친환경선박 핵심기술 연구개발(R&D) 체계 마련

모든 것을 포함한 친환경선박 핵심기술에 관한 장기 연구개발과제

(R&D)를 <그림 4-18>과 같이 설계하여 정부 주도의 친환경선박 핵심 기술 개발과 상용화전략 및 국제표준화 선도전략을 마련하여야 한다.

〈그림 4-18〉 친환경선박 핵심기술 연구개발(R&D) 초안설계



자료 : 해수부, 산업부(2020), 저자 재작성

2) 제5차 IMO GHG Study 연구 참여를 위한 연구역량강화

지금까지 IMO에서 수행한 온실가스 감축연구보고서는 1,2,3차가 이루어졌고 제4차 2020년 10월에 마무리가 되었다. 이 보고서는 해상운송부분에 있어서 온실가스를 감축하기 위한 IMO 협약의 개정과 주요지침을 제정하는 가장 기본이 되는 보고서이다. 우리나라는 지금까지 운영위원으로는 참여하였지만 기술노출과 글로벌 인재의 부족 및 실제적인 연구역량이 부족하여 컨소시엄에 참여하지 못하고 있다.

따라서 <그림 4-19>과 같이 지금까지 IMO GHG Study 제4차 보고서가 집필되었으나 현재까지 우리나라의 유수의 기술연구개발에 관련된 연구기관 또는 개별적으로 참여한 실적이 없다. 관련하여 우리나라도 차기 제5차에는 국제적인 프로젝트에 참여할 수 있도록 역량을 키우는 과제가 이루어져야 한다.

<그림 4-19> 제4차 IMO GHG Study 컨소시엄



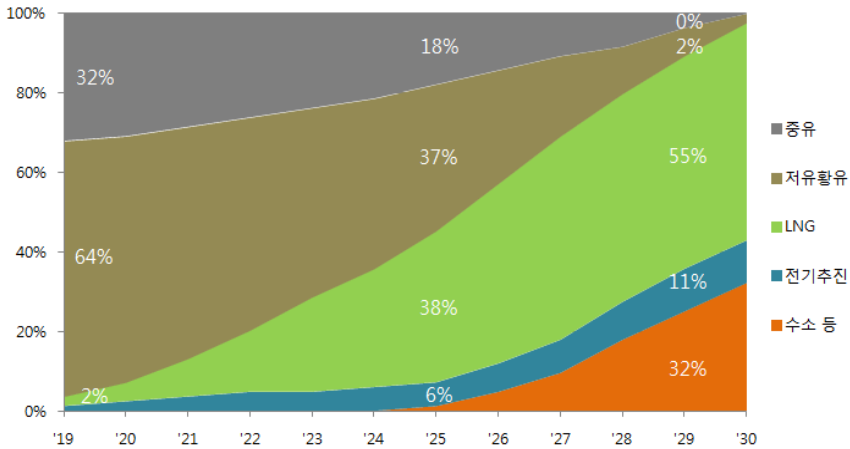
자료 : IMO, 2019.

3) 무탄소 대체연료의 개발에 집중투자

우리나라는 자원이 부족한 국가로서 에너지수급이 우리나라 경제 전반에 영향을 미치고 있다. 미래 무탄소 친환경선박으로의 전환을 위해서는 자원이 부족한 우리나라 정부가 각별히 관심을 가져야하는 분야가 바로 대체연료의 개발이다.

또한 <그림 4-20>와 같이 2018년부터 2030년까지 국제해운의 연료유 공급전망을 보면 대체적으로 증유, 저유황유는 현격하게 줄어들고 LNG의 비중이 55%로 상당히 높이 증가하고 수소 등 대체연료의 개발이 32%로 증가하고 전기추진이 11%로 나타나고 있다.

〈그림 4-20〉 2018-2030 국제해운의 연료의 공급전망



자료 : DNV_GL 글로벌 전망 기반 산업연구원 전망(2020)

4) 대체연료 추진선박의 개발과 인프라 구축

2030년 40% 온실가스 감축목표의 달성과 2050년 50%의 온실가스 감축목표를 달성하기 위해서는 기존의 화석연료로는 어렵다는 것이 지금까지의 기술개발 상황으로 IMO 등 기술개발 선진국에서 예측하고 있다. 따라서 무탄소 연료를 개발하는 것이 바로 친환경선박 산업 및 연관 산업의 경쟁력을 가지는 중요한 핵심요소라는 것은 부인할 수 없는 사실이다.

특히 우리나라가 중점추진하고 있는 가격이 저렴한 수소연료의 개발과 연료공급 인프라 구축 및 한 단계 더 발전된 연료전지개발과 유럽에서 적극적으로 추진하고 있는 암모니아 연료의 개발 및 전기추진엔진의 개발은 정부가 가장 우선순위에 두고 추진하여야 할 정책 목표와 방향이다.

〈그림 4-21〉 무탄소 연료 추진선박 및 인프라



자료 : 산업부(2020) 저자 재작성

또한 최근 수소, 암모니아, 전기추진, 연료전지 등을 비롯한 다양한 대체연료가 활발히 개발되고 있다. 그 전단계로 LNG, LPG 천연가스 연료의 사용이 공급측면에서 유럽의 주요 국가들이 선언한 2040 제로 배출 또는 2050년 우리나라가 선언한 탄소중립을 실현하기 위한 무탄소 시대를 대비하여 〈그림 4-21〉과 같은 무탄소연료 선박추진에 관한 기술개발과 함께 공급 인프라를 구축하는 것이 무엇보다도 우선순위의 IMO 온실가스 규제 대응의 정책방향으로 고려되어야 한다.

5) 대체연료 추진선박의 개발과 인프라 구축

무탄소연료 추진선박을 본격적으로 생산하기 위한 중점 기술개발과 더불어 필요한 연구 분야로 2050년도에 가장 많이 공급될 것으로 전망하고 있는 LNG 추진선박이다. 2050탄소 중립을 선언한 국가들이 무탄소연료로 에너지를 전환하기 전에 가장 많이 사용될 것으로 예측되고 있는 에너지가 LNG임을 감안하여 보다 적극적으로 LNG 사용을 위한 연료사용 추진시스템을 개발할 필요가 있다. <그림 4-22> LNG 연료 추진시스템은 기존의 대기오염물질의 황산화물 배출을 절대적으로 줄일 수 있는 시스템으로 연안선박용으로 개발을 추진하여 시급히 상용화시킬 필요가 있다.

<그림 4-22> LNG 연료 추진시스템 개발(안)



자료 : 해수부, 산업부(2020) 저자 재작성

또한 대체연료의 개발과 상용화 이전에 연안 선박에 시급히 적용 가능한 혼소 연료추진 시스템이 대안이 될 수 있다. <그림 4-23> 혼소 연료추진 시스템에서 제시하고 있는 것처럼 혼소연료는 중간단계에서 효율적으로 에너지 전환기술의 개발과 상용화 이전에 대안으로 고려될 수 있다. 다만, 혼소연료의 선박 적용안전성이나 선박을 통한 실증사업 및 병커링 인프라 구축을 위한 기술개발 및 정부의 정책적 지원이 필요하다. 특히 연료유품질의 안전성평가체계의 개발과 실제 사용이 가능하도록 통합모듈 설계 및 실증이 수반되어야 한다. 또한 공급측면에서 병커링 기술개발과 인프라 구축이 관건이 될 수 있다.

<그림 4-23> 혼소 연료추진 시스템 개발(안)



자료 : 해수부, 산업부(2020) 저자 재작성

또한 LNG 엔진 개발과 인프라, 혼소연료 엔진의 개발과 인프라 구축에 이어서 고려될 수 있는 다음 단계의 기술개발이 <그림 4-24> 엔진 하이브리드 추진시스템이라고 할 수 있다.

친환경선박의 개발과 보급의 장기적인 계획을 해운산업과 조선 산업의 연관 산업의 발전과 경쟁력 강화를 고려할 때 적용 가능한 하이브리드 추진시스템은 적극적으로 기술개발에 나서야 하는 시스템이라고 할 수 있다. 특히 대기오염물질 배출의 제로화 및 단위 선박당 온실가스 감축 70%를 시급히 달성하기 위하여 우선순위의 기술개발(R&D)을 추진하여야 할 항목으로 고려되고 있다. 대체연료의 개발과 엔진 하이브리드 추진 시스템의 기술개발은 미래 해운 및 조선산업의 경쟁력으로 연결될 것이다.

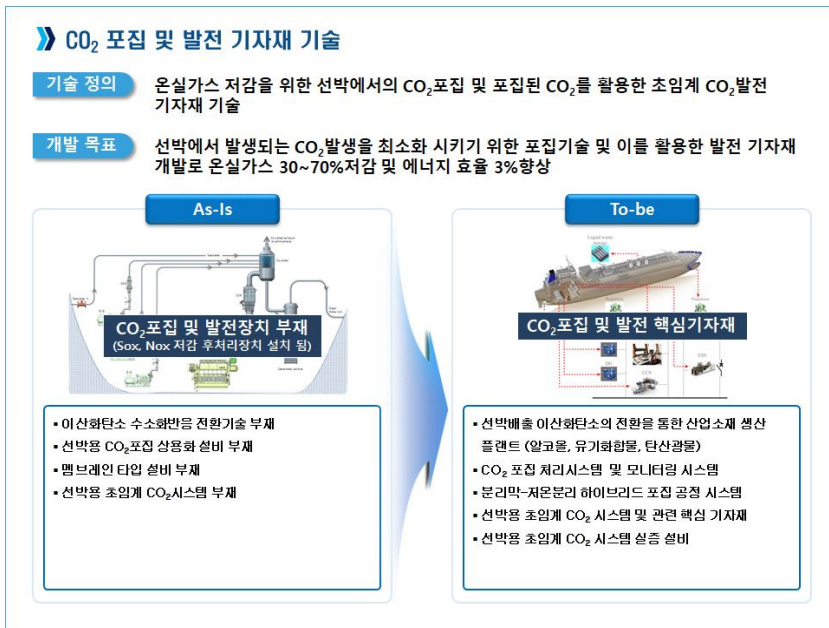
<그림 4-24> 엔진 하이브리드 추진시스템 개발(안)



자료 : 해수부, 산업부(2020) 저자 재작성

마지막으로 이러한 선박의 추진동력 및 시스템을 개발하여 상용화시키는 것과 더불어 <그림 4-25> 이산화탄소(CO₂) 포집 및 발전기자재 기술개발 등을 추진하여야 한다. 인류가 직면하고 있는 탄소와의 전쟁에서 최소한 기후변화를 억제하기 위한 수단으로 이산화탄소의 처리는 대기중으로 배출되는 것을 최대한 억제하여야 한다. 따라서 화석연료를 사용하고 난 이후에 발생하는 이산화탄소의 포집기술과 관련 기자재 개발은 필수적인 기술개발(R&D) 항목으로 고려되어야 한다.

<그림 4-25> 이산화탄소(CO₂) 포집 및 발전기자재



자료 : 해수부, 산업부(2020) 저자 재작성

제 5 장

결론 및 정책제언

제1절 요약 및 결론

본 연구는 국제해사기구(IMO)가 2018년 온실가스 감축을 위한 감축목표를 2030년 40%, 2050년 50%를 설정하고 초기전략을 채택하면서 각 회원국들의 온실가스 배출량 감축정책 목표수립의 필요성이 제기되었다. 특히 친환경선박 도입을 위한 해운회사의 에너지효율 향상을 통한 온실가스 감축, 저탄소 에너지효율 향상 기술개발, 대체연료 유 개발 및 전기추진엔진 등 무탄소 에너지사용 목표를 설정하는 시점과 기술개발 로드맵이 어떻게 뒷받침해줄 수 있는가에 대한 정책적 판단이 요구되는 시점이라고 할 수 있다.

특히 2050년 우리나라의 탄소중립의 선언은 무엇보다도 온실가스의 규제 대응에 있어서 그 정책방향을 설정하는 데 가장 큰 의미와 방향을 제시하고 있다고 볼 수 있다. 물론 유럽에서는 이미 탄소제로 선언을 각국에서 선언을 하고 친환경정책을 정부와 민간 기업이 가장 우선순위에

두고 추진하는 정책이 되었으며 기업의 경쟁력으로 받아들여지고 있다는 것을 알 수 있다.

우리나라의 탄소중립 선언에서 가장 큰 의미를 부여하는 것은 이제는 탄소배출에 대한 강력한 규제에 대한 대응이 선택이 아닌 필수라는 인식으로 전환되었다는 것이다. 특히 탄소중립을 통해서 우리나라는 친환경 재생에너지 전환 로드맵을 마련하고 지금까지의 온실가스 감축계획을 재검점하여야 하며 해상운송분야도 예외가 아니다. 또한 탈탄소와 수소경제 활성화를 통해 대체연료의 개발이 가속화될 것이다. 이를 기반으로 현재의 에너지전환 정책이 마련되어야 한다. 재생에너지에 대한 사용 확대와 기업은 녹색전환정책을 추진하고 그린산업 생태계 구축을 위해 산업구조의 개편과 에너지 사용전환이 이루어져야 한다. 이런 연장선상에서 혁신적인 탈탄소 신기술과 대체연료의 개발은 정부와 민간이 추진해야 할 시대적 사명으로 받아들여지고 있다.

물류산업에 있어서도 무탄소 친환경시대에 접어들었다고 할 수 있으며 Door to Door 서비스에 있어서 원자재 생산부터 제품의 생산과정, 운송과정, 소비자에게 전달하는 모든 과정이 친환경생태계 안에서 이루어지고 이 전과정(LCA, Life Cycle Assessment)에 대한 친환경 평가가 수반되어야 할 것이다.

또한 전 세계적인 환경변화가 예측되는 것은 미국의 차기 대통령으로 조 바이든 당선인의 환경정책에 주목할 필요가 있다. 이전 정부의 트럼프 대통령은 자국의 이익보호를 목적으로 기후변화협약과 파리의정서를 탈퇴하여 국제사회로부터 비난은 받은 바 있다. 그러나 차기 대통령 당선인은 지속적으로 인류의 가장 심각한 환경문제에 대하여 선도적으로 기후변화와 온실감축에 대한 강력한 추진정책을 발표한 바 있다. 당연히 미국의 기후변화협약과 파리의정서의 재가입과 복귀는 전 세계적

으로 환영을 받을 것이고 기후변화 정책의 인류의 공동목표를 위해서 친환경 생태계 조성 및 친환경 대체연료의 개발에 막대한 투자가 이루어질 것으로 예측된다.

이러한 관점에서 해상운송과 물류산업의 핵심적인 역할을 하는 IMO 환경규제 강화는 점점 더 그 당위성을 넓혀가고 있으며 IMO의 강력한 환경규제 정책은 더욱더 설득력을 발휘할 것으로 예측된다.

따라서 IMO에서 채택된 온실가스 초기전략의 대응을 위한 단기 조치, 중장기조치는 2023년에 최종 전략을 수립하기 위한 일정을 앞두고 있다. 또한 우리나라는 친환경선박 시장을 선도하여 조선 산업과 해운산업의 경쟁력을 강화하여 향후 조선기자재산업, 조선 산업, 해운산업, 첨단 물류서비스 산업의 앞도적인 경쟁력을 확보하고자 다양한 정책을 수립하여 시행하고 있다.

2019년 12월에 제정된 친환경선박법은 이러한 친환경선박 시장의 점유율을 높이는 지원정책을 마련하고 있으며 최근 해수부와 산업부의 공동으로 법적인 5년 단위의 계획인 친환경선박법 기본계획 및 매년 시행계획을 마련하고 시행할 계획이다. 따라서 본 연구에서 분석하고 정책 제안된 사항이 기본계획에 반영되고 특히 시행계획에 있어서 이 연구에서 분석한 14가지 구체적인 온실가스 감축조치 방법 및 우선순위의 정책을 정부에서 고려하여 시행하도록 제안하는데 그 목적이 있다.

이러한 목적기반의 연구결과를 도출하는 데 있어서 이 시점에서 14가지 평가기준별 우선순위를 도출하기 위하여 산업계와 전문가들의 의견을 수렴하는 것은 큰 의미가 있다고 하겠다. 특히 우리나라가 탄소중립을 선언한 시점에서 산업계, 학계, 연구계 및 정부관계자의 접근방법별로 효율성, 효과성, 시행가능성, 정책적 수용성을 묻는 설

문조사는 시기적절하였다고 생각한다. 더욱이 그 결과 자체도 시급히 현재 시행되고 있는 EEDI 및 SEEMP 기반의 현존선에 대한 에너지효율 향상과 더불어 저탄소 및 무탄소 연료 개발 활성화 프로그램의 개발을 우선순위 정책으로 산업계와 학계 및 연구계와 정부관계자가 동일학 생각하고 있다는 것은 큰 의미가 있다.

또한 연료의 전주기(LCA)의 과정에 대한 모니터링 및 관리 개발과 더불어 이제는 온실가스 배출에 대한 탄소집약도 지침의 개발 필요성을 언급하고 강조하고 있다는 것은 향후 온실가스 친환경정책의 수립과 지원에 있어서 탄력을 받을 것으로 판단된다. 이는 2019년 12월에 제정된 친환경선박법의 구체적인 방향을 제시하는 데 사용할 수 있으며 기본계획과 시행계획 및 보급계획의 시행에 있어서도 산업계의 지지를 이끌어 낼 수 있다고 생각된다. 또한 제 2장에서 파악된 유럽, 미국, 일본, 중국 등 각 국가에서 추진하고 있는 온실가스 감축을 위한 무탄소 에너지전환 정책과 기술개발 동향 및 온실가스 감축 로드맵 등을 고려하여 우리나라가 잠정 마련한 친환경선박 로드맵을 수정 및 보완할 필요가 있다. 이제는 무탄소 시대를 대비하기 위한 각 국가의 경쟁이 더욱 치열해질 것으로 예상되며 미국의 파리 의정서 재가입을 전환점으로 국제사회에서도 친환경정책에 반대하거나 자국의 이익을 우선시 하는 정책을 마련하여 시행하는 것은 어려울 것으로 예상된다. 이러한 연장선상에서 IMO가 채택한 온실가스 초기전략을 기반으로 논의되고 있는 2023년 최종전략 채택의 논의에 있어서도 탄력을 받을 것으로 예상되며 반대하던 미국의 정책이 찬성하는 방향으로 전환될 것으로 예상됨에 따라 더욱 강력한 온실가스 규제 정책이 IMO에서 제정될 것으로 예측된다.

따라서 우리나라는 이 연구의 결과로 도출된 국제해운의 온실가스

감축 정책을 수립하기 위한 14가지 감축조치별 방법을 효율성, 효과성, 시행가능성, 정책적 수요성별로 제시된 우선순위를 고려하여 정부 및 민간분야의 정책을 수립할 필요가 있다. 또한 현 시점에서 기술개발 능력과 기술사용 가능성을 고려한 현존 선박에 대한 온실가스 감축정책의 설정, 신조 선박에 대한 온실가스 감축기술 적용, 저탄소 연료, 무탄소 대체연료유 개발 등에 중점을 두어야 한다. 미래 친환경선박 新시장 창출을 통하여 해운·조선 산업 및 연관 산업의 발전을 도모하는 방향으로 정부정책을 수립하여야 한다.

추가적인 연구로 이 연구에서 제안된 각각의 친환경선박을 위한 온실가스 감축조치에 관한 각각의 모델을 실제 데이터를 바탕으로 시뮬레이션을 통하여 결과를 도출하기 위한 대형 연구 과제를 수행할 필요가 있다. 지금까지 IMO 회원국 중에 제시된 14가지 접근법에 관한 실제 데이터기반의 연구를 수행한 결과를 제시하지 못하고 있다. 따라서 선도적으로 연구를 수행하여 국내 정책수립에 활용할 뿐만 아니라 IMO가 2023년에 채택될 최종 전략의 수립과정에 반영할 수 있도록 노력하여야 한다.

제2절 정책제언

2020년은 코로나19로 인한 팬데믹 시대가 인류에게 닥쳐오면서 세계경제의 침체와 예상치 못한 외부변수로 인하여 코로나 이후의 인류는 엄청난 경제적 타격을 입고 있다. 일상생활에서도 많은 새로운 변화를 가져올 것이라고 대유행에 따른 코로나 시대에 적합한 과감한 투자 경제정책과 글로벌 쇼크를 극복하기 위한 제도를 도입할 것을 주문하고 있다.⁴⁵⁾

이러한 제도의 도입관점에서 살펴보면 우리나라의 정부는 IMO의 환경규제 강화에 대응하고 해운·조선 산업의 침체를 극복하여 경기를 부흥시키고자 양 부처가 친환경선박법을 제정한 것은 이 정부의 수소경제를 천명하여 경제 산업구조를 화석연료 중심에서 친환경연료를 에너지원으로 사용하는 구조로 변경해야 미래에 산업경쟁력에서 생존할 수 있음을 보여주고 있다.

또한 모든 산업분야에 환경친화적 국가정책의 경쟁 및 전략수립이 미래에 더욱 가속화될 것으로 전망되고 있다. 최근 미국 조 바이든 대통령의 당선과 기후변화협약의 재가입 등 강력한 친환경 정책을 지지하고 실천할 것으로 선언하였다. 또한 세계 각국에서는 탄소중립을 선언하고 나섰다. 유럽은 2040년 제로배출선언, 우리나라와 일본도 2050년 탄소중립을 선언하였고 중국도 2060년 탄소중립을 선언하였다. 이러한 시점에서 IMO의 온실가스 규제대응에 맞추어 해사분야에 보다 적극적인 정책을 제시할 필요가 있으며 정부 및 산업계의 친환경정책 가속화는 더욱 탄력을 받을 것으로 예상된다.

본 연구의 제2장에서 각 국가의 친환경정책과 온실가스 감축 로드맵에 대한 동향분석 및 제3장에서의 온실가스 감축대응 접근방법별 분석연구결과, 제4장에서의 각 세부과제별 연구개발(R&D) 필요성 및 제안사항 등의 연구내용 결과에서 살펴보았듯이 IMO 온실가스 규제 대응에 관한 정부정책방향을 기반으로 정부 주도의 대형 연구개발사업(R&D) 발주와 시장 지원정책은 상업적 실행 가능성과 기술적 실현 가능성을 가속화하는 데 도움이 될 수 있어야 한다.

미래 IMO 환경규제의 지속적인 강화 추세는 보다 엄격한 에너지 효율 관리 목표, 선박의 속도제한 및 저탄소 연료의 사용을 요구하고

45) 정인교, 폴 크루그먼, 제이슨 퍼먼 외, 코로나 경제전쟁, 매일경제신문사, 2020.

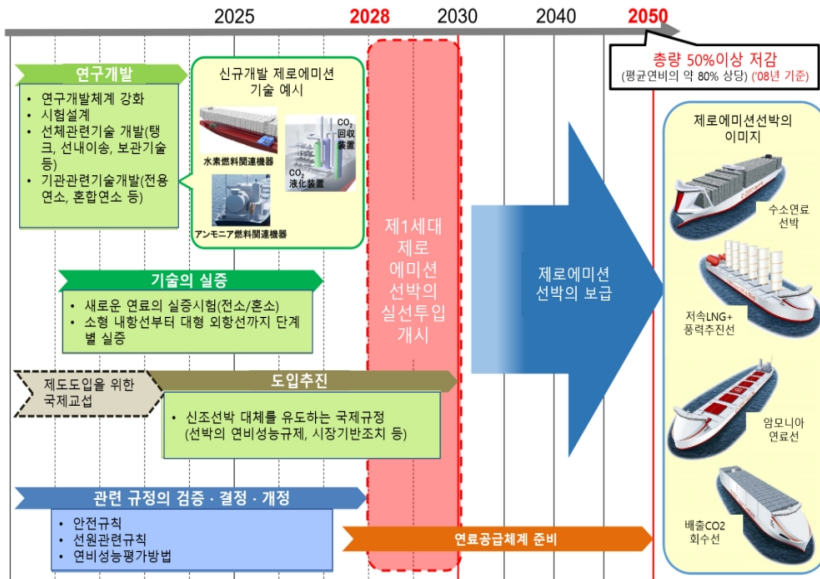
있다. 또한 국제표준을 포함한 다양한 정부와 민간의 정책과 탄소제로 시대를 대비한 온실가스 감축 이행정책을 마련하여야 한다. 미래 세대를 위해서 그리고 현실적인 어려움에 직면한 국내 해운산업과 조선 산업의 육성 및 지원차원에서 전 지구적인 과제인 온실가스 감축정책은 이루어져야 하고 산업을 위축시키지 않고 오히려 발전시켜 나가는 차원에서 온실가스 규제에 대한 효과적인 정부와 민간정책이 마련되어야 한다.

이 연구결과를 기반으로 다음의 정책제언을 통하여 정부에서는 소극적인 First Mover로서 공격적인 정책수립을 할 것을 제안하고자 한다. 단기적으로 친환경선박법의 기본계획 및 보급계획에 연구결과 도출된 14가지 접근법의 우선순위 정책을 고려하도록 계획되어야 한다. 또한 법적으로는 친환경선박의 개발 및 보급지원의 객관적인 지원 타당성을 확보할 필요가 있다.

특히 일본의 경우와 같이 대부분의 경제부처가 공동으로 협력하여 〈그림 5-1〉와 같은 로드맵을 마련하고 정책을 추진하고 있는 것을 면밀히 살펴볼 필요가 있다. 우리나라도 2019년에 친환경선박 추진 로드맵을 해수부와 산업부와 공동으로 추진하여 마련한 것은 다행이라고 할 수 있다. 또한 최근 발표된 우리나라의 탄소중립의 선선과 이행정책의 마련을 위한 각 부처의 추진정책을 시급히 마련할 필요가 있다.

제4장에서의 설문조사를 기반으로 우선순위 접근방법에 있어서 선도적으로 추진해야하는 현조선박의 에너지효율 향상과 대체연료 개발을 위한 투자확대와 기술개발을 서둘러서 추진해야할 것이다. 더불어 제4장에서 제시된 세부 기술개발 과제와 친환경정책 목표와 방향을 고려하여 일본 및 유럽과의 경쟁에서 비교우위를 확보하기 위한 혁신적인 투자와 협력이 요구된다.

〈그림 5-1〉 일본 무탄소 선박개발 로드맵



자료 : 일본 국토교통성 외(2020)

그러나 로드맵에 따른 이행과 기술개발과정에서 여전히 해수부와 산업부의 협력이 상당히 요구되고 있으며 현재 추진되고 있는 각각 개별적인 대형 과제에 대하여 범부처 사업으로 공동으로 추진되고 있는 추세이다. 친환경선박 핵심기술 로드맵의 마련을 기반으로 기술개발과 보급이 원활히 이루어져서 사업체에 실질적인 도움이 되는 대형과제가 2020년 코로나로 인하여 어려움을 겪고 있는 산업계에 도움을 주는 방향으로 설계되어야 한다. 이와 관련하여 IMO 온실가스 규제 대응 정책방향과 완전 친환경선박으로의 전환을 위하여 다음과 같은 정책제언을 하고자 한다.

1. IMO 온실가스 감축조치별 우선순위를 정부계획에 반영

제3장의 연구결과를 기반으로 온실가스 감축조치 접근방법에 대한 우선순위의 분석결과를 1) 정부, 2) 산업계, 3) 연구계에서 14가지 접근방법 분석결과 활용하도록 할 필요가 있다. 아래의 <표5-1>에서 나타내고 있는 바와 같이 IMO가 채택한 초기전략의 14가지 온실가스 감축조치 접근방법을 추진함에 있어서 현격하게 우선적으로 추진해야 하는 정책 우선순위가 식별되지는 않았다. 다만, 산업계에서 현실적인 산업의 경기시황을 고려할 필요가 있다는 의견이 지배적이었다.

<표 5-1> 전체 14가지 접근방법에 대한 우선순위표

순위	방법	온실가스 감축 접근방법	백분율
1	접근방법 1	EEDI 기반 현존선 에너지효율 향상	7.88%
2	접근방법 3	SEEMP 기반 현존선 에너지효율 향상	7.88%
3	접근방법 11	선주자 인센티브 제도	7.82%
4	접근방법 10	연구개발 활동 착수 및 지원	7.73%
5	접근방법 13	저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램	7.50%
6	접근방법 2	EEDI 추가 개발	7.35%
7	접근방법 4	운항에너지효율지표 개발	7.23%
8	접근방법 12	연료 전주기 GHG/탄소집약도 지침	7.27%
9	접근방법 14	신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	7.02%
10	접근방법 5	최적 속도 및 감속 규제	6.85%
11	접근방법 8	국가행동계획 개발	6.64%
12	접근방법 6	메탄슬립 감축 규제	6.54%
13	접근방법 9	항만개발활동 장려	6.45%
14	접근방법 7	휘발성 유기화합물 감축 규제	5.85%
합 계			100

자료: 저자 작성

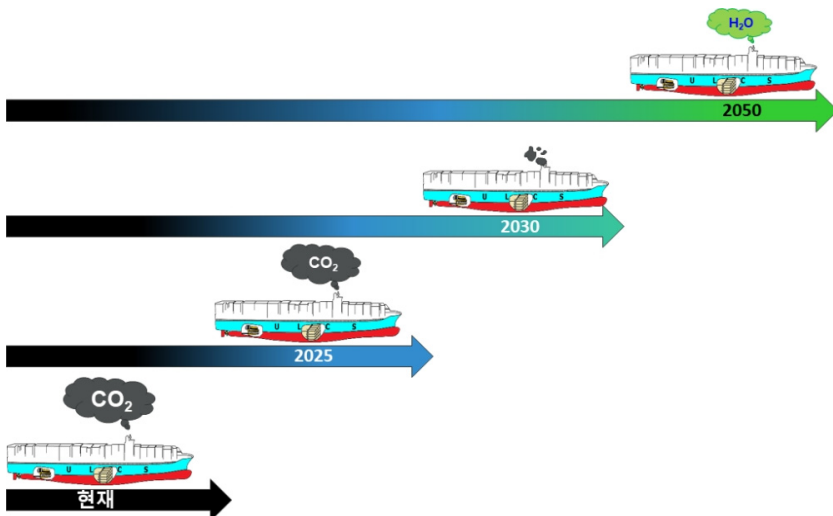
그럼에도 불구하고 정부와 민간의 우선순위 정책의 수립관점과 투자 및 지원의 관점에서 우선적으로 접근방법1, 접근방법 3에 해당되는 에너지효율 향상에 대한 투자가 우선되어야 한다. 또한 2030년 40% 온실가스 감축규제에 대응관점에서 시급히 연구개발 활동에 착수 및 지원을 우선시 하고 있으며 무엇보다도 저탄소 연료 활성화 프로그램 및 무탄소 연료 활성화 프로그램이 상위 5위에 해당되는 정책 우선순위로 도출되었다는 것은 관련 연구개발(R&D)에 정부와 민간이 협력하여 시급히 관련 결과를 도출하여 산업계에서 이용할 수 있는 친환경선박 기반을 만들 수 있도록 정부정책의 우선순위를 요구하고 있다고 볼 수 있다. 물론, 모든 접근방법을 정부에서는 검토할 수 있지만 반드시 선택과 집중을 통해서 투자 및 지원 우선순위를 고려하여 선도적으로 또한 압도적인 투자를 통하여 대외경쟁력을 높이는 방향으로 IMO 온실가스 감축조치에 대응하여야 한다. 또한 평가기준의 정의에 따른 온실가스 감축조치별 고려사항에 대한 결과에 있어서 투입대비 산출 비용에 관한 효율성, 정책 목표의 달성 정도에 관한 효과성, 정책의 정당성을 확보하기 위한 강제적 시행가능성의 여부, 정책적지지로 정책으로 개발될 가능성에 대한 정책의 수용성 등에 대한 <표4-7>의 검토 및 분석결과와 같이 가장 우선적으로 효율성(41.48%)을 고려하고 정책적 수용성(27.5%)을 고려하고 효과성(15.83%)과 시행가능성(15.21%)을 고려하는 순으로 정부 및 민간의 온실가스 감축정책을 수립할 필요가 있다. 특히 친환경선박법 기본계획 및 보급계획이 2020년 12월말에 확정되어 2021년부터 시행될 예정임으로 우선순위로 분석된 감축조치 및 접근방법을 동 계획에 반영될 수 있도록 하여야 한다.

2. 친환경선박 기술개발 및 실증 플랫폼으로 관공선 적극 활용

제4장에서 IMO 온실가스 규제 대응 정책 방향과 목표를 제시하면서 우선적으로 산업계의 의견을 반영한 신기술개발에 초점을 맞추고 실증을 위한 생태계의 조성을 강조한 바 있다. 제4장의 연구결과를 실행하기 위해서는 분석된 연구결과와 내용이 정부의 법령에 따른 계획에 포함되어야 한다.

특히 친환경선박법에 의한 국가 차원의 5년 단위의 국가기본계획 및 보급계획은 이러한 맥락에서 IMO 온실가스 규제 대응을 위한 정책방향이 <그림 5-2>에서와 같이 ‘대체 연료 추진시스템의 기술개발 및 적용을 위한 인프라 구축’을 지원하는 친환경선박의 건조에 초점이 맞추어져야 한다. 또한, 해수부의 자료에 따르면 환경부, 행정안전부, 해수부, 지자체 등 우리나라의 관공선은 2019년말 기준 총

<그림 5-2> 대체연료 추진시스템의 기술적용에 따른 온실가스 배출량 감소



자료: 해수부, 산업부(2020)

893척에 달한다. 관공선을 친환경선박으로 건조할 때, 우선 도입 전부터 체계적으로 지원하여야 한다. 관계부처에서 친환경선박으로 전환하도록 인프라 구축도 동시에 이루어지기 위해선 각 부처 간의 유기적으로 협조가 필요하다.

다양한 선종의 관공선을 신기술 개발(R&D)의 사업화를 위하여 실증하고 검증하는 선박으로 활용할 필요가 있다. 민간기업의 경우, 당장 사업에 투입하여 이익을 창출하기 위해서 실제로 기술검증이나 새로운 선형에 따른 원천기술을 개발하고 실증하는 데에 사용하기는 한계가 있다. 따라서 <그림 5-3>과 같이 신기술 적용하고 선박을 실증하는 데에 적극 활용하여 연구 성과의 사업화 및 보급에 정부지원을 투자할 필요가 있다.

<그림 5-3> 신기술 적용 선박실증 및 상용화



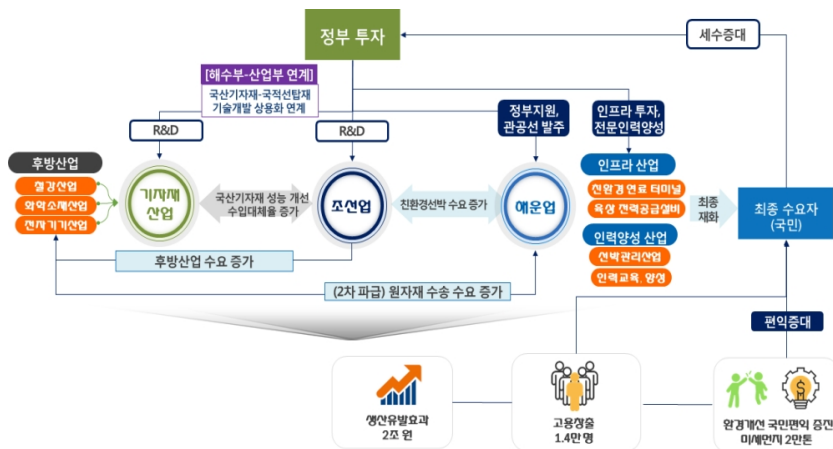
자료 : 저자 작성

3. 정부 주도의 친환경선박 新시장 창출

제4장 제1절 선박온실가스 감축 규제 정책방향에서 제시한 바와 같이 정부는 기존의 선박 온실가스 규제를 대응하는 정책에 국한하지 말고 공격적으로 규제산업을 선도하여 민간영역의 산업을 육성시

키고 지원하는 정책방향을 수립하고 이행하여야 한다. 친환경선박은 IMO 온실가스 감축 규제 대응으로 시작되었지만 해운산업의 경쟁력 확보에 결정적인 역할을 하는 변수로 작용되고 있다. 또한 이러한 선박을 가장 많이 건조하는 우리나라 조선업은 친환경핵심기술 개발을 통하여 우리나라 개발한 친환경기술을 우리나라가 건조하는 친환경선박에 적용하여 고부가가치의 친환경선박을 건조할 수 있는 여건을 조성할 수 있다. 따라서 정부는 주도적으로 친환경선박을 기술개발과 건조를 지원할 수 있도록 친환경선박법에 근거하여 <그림 5-4>와 같이 과감하게 투자하고 친환경선박 新시장을 창출하여 연관 산업을 발전시키는 정책을 수립하여야 한다.

〈그림 5-4〉 친환경선박 新시장 창출 산업 연관 및 투자체계도



자료 : 해수부(2020)를 참고하여 저자 재작성

4. 친환경선박 핵심기술 개발 범부처 예타(R&D) 추진

기후변화에 의한 연간 이산화탄소 배출량은 2100년까지 2010년 대비 3배까지 증가할 것으로 전망하고 있으며 특히 2050년 국제해운 CO₂ 배출량이 2012년 배출량 대비 최소 50~250%까지 증가할 전망이다. 해사분야에 해운·조선 산업이 우리나라의 주역산업임을 고려할 때 정부 주도의 친환경선박 핵심기술 개발과 보급에 관한 대형 연구개발과제(R&D)는 선택이 아니라 필수다.

또한 부처별로 흩어져있는 기존의 개별 기술개발(R&D)사업을 산발적으로 투자 및 시행하지 말고 종합 작품인 친환경선박을 기술개발, 선박건조부터 수요자인 해운회사에까지 원-스톱으로 일괄서비스될 수 있는 협력정책이 필요하다. <그림 5-5>과 같이 종합적인 친환경선박 완전체가 탄생될 수 있도록 범부처 공동사업을 추진하여 유럽의 기술개발을 추격할 수 있는 대형 환경 규제선박에 적용할 기술개발사업추진이 시급하다.

우선 산업부와 해수부가 개별적으로 추진하고 있는 친환경선박 예타 기획연구의 공동협력이 필요하고 전문가들을 공유하여 각 부처의 소관사항 및 장점을 최대한 활용하여 태어날 때부터 삶을 마칠 때까지의 친환경선박에 대한 전과정(Life Cycle)을 고려한 설계가 이루어져야 한다. 또한, 이러한 대형사업의 결과물이 상용화 및 사업화되기 위하여 반드시 정책, 법제도의 개선, 규제해결(규제샌드박스), IMO, ISO, IEC 국제표준, 국내 기술기준에 관한 개발이 연구개발(R&D)에 포함되어 동시에 기술개발과 제도적 뒷받침 및 정책지원이 유기적으로 이루어질 수 있도록 범부처 대형 공동사업이 설계되고 이행되어야 한다.

〈그림 5-5〉 친환경선박 기술개발사업(R&D) 범부처 계획(안) 초안설계



자료 : 해수부, 산업부 자료(2020)

5. 친환경선박 국제기술협력사업(IR&D) 개발 및 참여

제 4장에서 제시된 세부과제에 있어서 제5차 IMO GHG study에 참여하기 위한 준비와 연구역량강화를 연구결과로 도출한 바 있다. 특히 2019년 12월 세계 해상운송업체는 2020년에 개최되는 IMO 해양환경보호위원회(MEPC 75)에 이산화탄소 배출감축에 공동대처하

기 위한 일환으로 <그림 5-6>과 같이 국제해사연구개발위원회의(IMRB)를 설립할 것을 제안하였다. 향후 약10년 동안 2030년까지 전세계 해운회사로부터 연료유 톤당 사용량의 2달러를 연구개발투자기금으로 조성하여 약 50억 달러(한화 약6조원)를 모금하는 내용으로 무탄소 친환경선박 개발에 투자하는 것으로 설계되어 있다. 만약 설립된다면 우리나라 해운회사가 기금으로 낸 자금을 우리 연구계가 기술개발에 참여하고 결과물을 적극 활용하여야 한다.

자료 : IMO, MEPC 75/7/4, Proposal to establish an International Maritime Research and Development Board(IMRB), 2019.

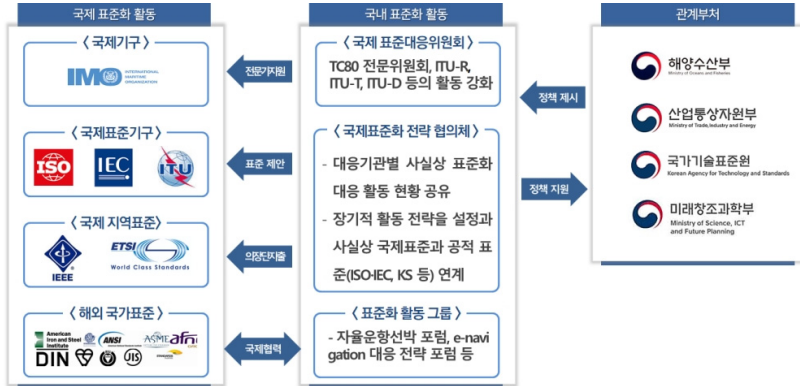
제4장의 산업계, 연구계, 학계 및 정부관계자의 설문조사의 결과를
기반으로 제4장의 제2절에서 친환경선박의 국가경쟁력을 확보하기

위한 세부전략이 필요하다는 연구결과를 도출하였다. 또한 친환경선박법을 공동 입법한 산업부와 해수부의 협력을 강조하면서 기본계획과 시행계획 및 보급계획에 있어서 필요한 내용을 제시하였다. 이에 대한 구체적인 실행방안으로는 무엇보다도 국제표준화 활동의 협력이 요구된다.

지금까지 전통적으로 국제해사기구(IMO)의 국제협약, 각 종 코드, 결의서, 지침서, 가이드라인 등을 소관부처인 해수부에서 관장하여 왔다. 그러나 최근 IMO 2020 황산화물 배출규제와 같이 IMO에서 제정되는 국제협약 및 가이드라인이 해운산업은 물론 조선 산업의 미래 투자방향 및 정유 업계와 같은 연관 산업에 미치는 영향이 점차 늘어나고 있다. 또한 국제표준화기구(ISO)에서 제정하고 있는 국제표준 등도 IMO에서 대부분 준용하고 있으며 전반적으로 산업계에 영향을 미치고 있다.

이제는 국제표준화 활동이 부처의 업무경계와 범위를 넘어서 IMO, ISO, IEC를 비롯한 통합전문가의 구성 및 활용이 필요한 시대이다. 예를 들면 최근 전자통신과 관련된 표준들이 해사분야에서 반드시 고려하여 제품을 제작하여야 하는 전통적인 벽을 허물고 서로 협력하는 체계로 변화되고 있으므로 <그림 5-7>에 제시한 바와 같이 이제는 산업부와 해수부 및 과기정통부에서의 국제표준화 활동영역에 있어서 관계부처의 협력이 반드시 필요하다.

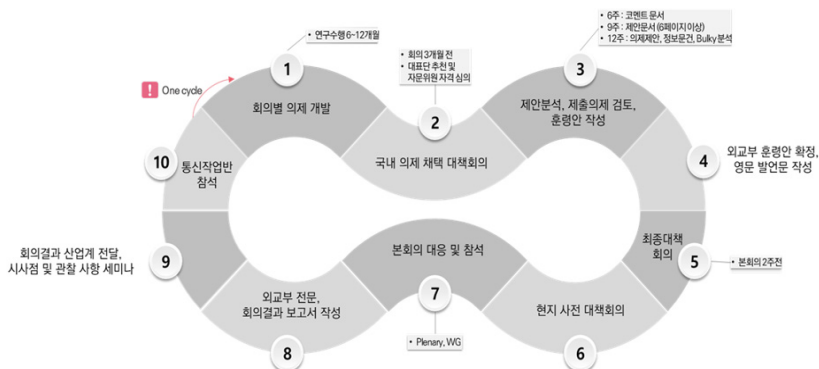
〈그림 5-7〉 국제표준화 활동과 관계부처



자료 : 해수부, 산업부(2020) 재정리

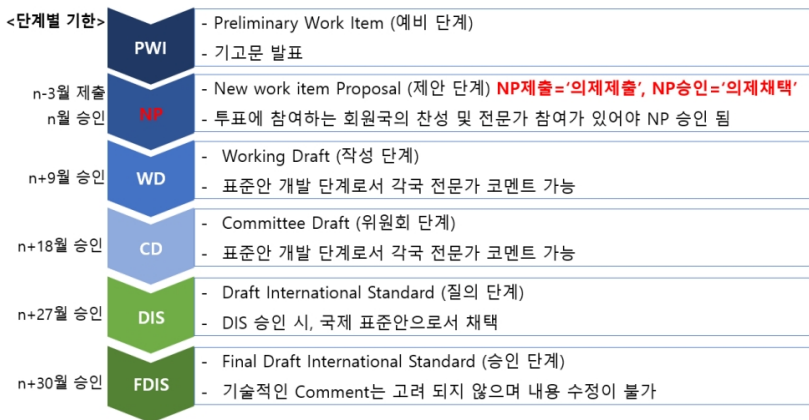
따라서 〈그림 5-8〉 및 〈그림 5-9〉에서 제시한 표준을 만들기 위한 의제 개발 및 국제표준화 절차를 고려하여 각 부처가 기술표준화에 공동으로 협력하고 대처하여야 친환경선박 기술부분도 타 국가와의 비교우위의 위치에서 친환경선박 시장점유율을 높일 수 있을 것이다.

〈그림 5-8〉 IMO 의제개발 및 국제표준화 절차도



자료 : 저자 작성

〈그림 5-9〉 ISO 의제개발 및 국제표준화 절차도



자료 : 저자 작성

7. 친환경선박 표준화협력 국제클러스터 추진

제2장의 각 국가의 온실가스 감축정책에 대한 분석결과, 제3장의 온실가스 감축조치에 대한 분석결과와 향후 고도의 친환경선박 핵심기술개발은 산업계와 정부의 큰 과제가 될 수 있다. 현재 시점에서 친환경선박의 글로벌 경쟁력을 고려하여 유럽의 각 국가들은 글로벌 산업동맹을 맺고 있다. 전통적으로 해운조선 산업에 있어서 한, 중, 일 3국은 서로 협력보다는 경쟁관계에 더 초점이 맞춘 정책을 추진하여 왔다. 이러한 경쟁관계 속에서도 발전을 거듭해 왔지만 이제는 유럽처럼 IMO, ISO, IEC 등 국제표준화기구에서의 적극적인 표준화 협력이 요구되는 시점이다.

따라서 한, 중, 일 3개국 뿐 만아니라 각 국가의 국내 표준화 공동협력이 유기적으로 잘 이루어진다면 해운 및 조선 산업의 국제적인 특성상 기술력이 급격히 향상될 수 있다고 판단된다. 특히 기초 기술력이 앞서 있는 유럽국가들과 공동으로 기술개발을 하고 표준화를 추진하는 방향

을 적극적으로 검토할 필요가 있다. <그림 5-10>과 유사한 국제협력 클러스터를 추진하는 좋은 사례가 될 수 있다.

현재 탄소배출 제도연대(Getting to zero coalition)가 좋은 사례로 볼 수 있으며 우리나라도 이미 선박해양플랜트연구소 및 한국해양교통안전공단에서 참여하여 있다. 향후 친환경선박을 둘러싸고 있는 친환경, 고효율, 저탄소 및 무탄소 기술개발은 인류가 직면한 기후변화 해결의 핵심적인 역할을 하게 될 것이다.

이를 바탕으로 IMO 등 국제사회에서의 활동과 콩스버그, 롤스로이스 등 주요 친환경기자재 기술개발이 앞서 있다고 평가받고 있는 노르웨이에 주목할 필요가 있다. 우선적으로 노르웨이와 친환경 국제협력체계를 맺고 국제워크숍을 양자 간 추진하고 덴마크, 스웨덴, 독일 등 유럽국가로 확대하여 국제협력체계를 우리나라가 주도하는 체계로 발전시켜나갈 필요가 있다.

<그림 5-10> 글로벌 산업 동맹 프레임 워크



자료: IMO

참고문헌



〈국내 문헌〉

관계부처합동, 『2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안』, 2018

관계부처합동, 『제2차 기후변화대응 기본계획』, 2019.

김태형, 「국내외 전환부문 온실가스 한계저감비용 사례 비교」, 『KEMRI 전력경제 Review』, 제13호, 한전경영연구원, 2019.

노르웨이 대사관, 『노르웨이 녹색해운(Green Shipping) 관련 정책 동향』, 2018.

박광국, 「미국의 파리협정 탈퇴 선언과 신기후체제 전망 및 대응」, 『KEI 포커스』, 제5권 제5호(통권 제22호), 한국환경정책·평가연구원, 2017.

박한선·이호춘·이혜진·김보람, 『IMO 지속발전 전략계획(SP) 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2017.

변종립, 『중소중견기업을 위한 탄소자산관리 매뉴얼』, 에너지관리공단, 2015.

선박해양플랜트연구소·한국해양교통안전공단, 『국제해사기구(IMO) 온실가스(GHG) 배출규제 대응 중장기 로드맵 수립 사업』, 2019.

신용광 외, 「계층분석과정(AHP)을 이용한 친환경농업정책 프로그램의 우선순위 결정」, 『농촌경제』, 제28권 제2호, 한국농촌경제연구원, 2005.

에너지관리공단, 「중소중견기업을 위한 탄소자산관리 매뉴얼」, 2015.

정인교, 폴 크루그먼, 제이슨 퍼먼 외, 코로나 경제전쟁, 매일경제신문사, 2020.

한국해양수산개발원, 『항만과 산업』, 제18-9호, 2018.

____, 『2020 해양수산전망대회 발표자료』, 2020.

해양수산부, 『‘수소선박 안전기준개발사업’ 기획연구 보고서』, 2019.

〈국외 문헌〉

CE Delft, *Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport*, 2009.

_____, *Analysis of GHG Marginal Abatement Cost Curves*, 2011.

Department for Transport, *MARITIME 2050 Navigating the Future*, 2019.

DNV·GL, *Energy Transition outlook 2019 OIL and GAS, global and regional forecast to 2050*. 2020.

_____, *Energy Transition outlook 2020*, 2020.

_____, "Maritime forecast 2050," *Energy Transition Outlook*7, 2017.

_____, *Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030*., 2010.

Environment and Climate Change Canada, *Canadian Environmental Sustainability Indicators: Greenhouse gas emissions*, 2020.

IMarEST, *Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy Efficiency Measures*, 2010.

IMO, *Second IMO GHG Study 2009*, 2009.

_____, MEPC 74/18, Report of the Marine Environment Protection Committee on its seventy-fourth session, 2019.

_____, MEPC 75/7/4, Proposal to establish an International Maritime Research and Development Board(IMRB), 2019.

_____, "Challenges in developing an energy efficiency mechanism for ships in operation", *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/7/19, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.

_____, "Consideration on development of the lifecycle GHG/carbon intensity guidelines for all types of fuels", *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/5, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF

GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.

- ____, “Considerations for effective uptake of alternative low-carbon/zero-carbon/fossil-free fuels under the programme of follow-up actions of the Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships”, *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/7/6, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.
- ____, “Energy efficiency improvement measure for existing ships”, *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/7/2, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.
- ____, “Fluctuations in the operational energy efficiency performance of ships and their policy implications”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/13, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Impact on States analysis guide”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS FOR ASSESSING THE IMPACTS ON STATES*, ISWG-GHG 5/INF.3, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Measures to address emissions of methane from gas fuelled ships”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/10, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines”, IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. 2010.
- ____, “PROCEDURE FOR ASSESSING IMPACTS ON STATES OF CANDIDATE MEASURES”, MEPC.1/Circ.885, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.
- ____, “Proposal for a goal-based short-term reduction measure”, *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/7/4, MARINE ENVIRONMENT

T PROTECTION COMMITTEE, 2019.

- ____, “Proposal for a holistic short-term measure to reduce CO2 emissions from international shipping”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/12, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Proposal for candidate measures and related actions”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Proposal on encouragement of Member States to submit National Action Plans”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/14, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Proposal to strengthen the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/9, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Proposals to further strengthen the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) and to provide a methodology for the selection of appropriate short-term measures”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/3, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.
- ____, “Report of the fifth meeting of the Intersessional Working Group on Reduction of GHG emissions from ships (ISWG-GHG 5)”, *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/WP.6, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.
- ____, “Review of candidate short-term measures”, *CONSIDERATION OF CONCR*

ETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES, ISWG-GHG 5/4/7, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.

____, “Short-term measures to reduce GHG emissions from international shipping”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/8, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.

____, “Short-term measures to reduce GHG emissions from ships”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/6, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.

____, “Speed regulation followed by a goal-based measure”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/11, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.

____, “The regulation of ship operational speed: an immediate GHG reduction measure to deliver the IMO 2030 target”, *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/7/8, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.

____, “The regulation of ship operational speed: draft amendments to MARPOL Annex VI”, *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*, MEPC 74/7/18, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE, 2019.

____, “Why Research and Development is critical to IMO's GHG Strategy”, *CONSIDERATION OF CONCRETE PROPOSALS ON CANDIDATE SHORT-TERM MEASURES*, ISWG-GHG 5/4/4, INTERSESSIONAL MEETING OF THE WORKING GROUP ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2019.

____, *Second IMO GHG Study 2009*, 2009.

JOULES, *Final report*, 2017.

〈인터넷 자료〉

- 국립수산업과학원, 온실가스 인벤토리, https://m.nifs.go.kr/sub4/sub7_5_1.jsp (검색일: 2020. 10. 14)
- 国土交通省 홈페이지, https://www.mlit.go.jp/report/press/port03_hh_000042.html (검색일: 2020. 10. 24)
- 대한민국 ODA 통합 홈페이지, 지속가능개발목표, http://www.odakorea.go.kr/mz.contents.ContsView.do?conts_key=4 (검색일: 2020. 6. 18)
- 세계법제정보센터, 교토의정서, https://world.moleg.go.kr/web/wli/lgsInfoReadPage.do?CTS_SEQ=44444&AST_SEQ=309& (검색일: 2020. 6. 18)
- 월간 수소 경제, 캐나다 수소연료전지 기업, <http://www.h2news.kr/news/article.html?no=8456> (검색일: 2020. 10. 12)
- 조선비즈, 캐나다 수소연료전지 기업, https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2020/08/04/2020080403358.html (검색일: 2020. 10. 12)
- 지속가능발전포털, <http://ncsd.go.kr/> (검색일: 2020. 06. 18)
- 해양수산부 홈페이지, URL (검색일 : 2020.06.18)
- BMU 홈페이지, <https://www.bmu.de/en/topics/climate-energy/climate/national-climate-policy/greenhouse-gas-neutral-germany-2050/#c12733> (검색일: 2020. 10. 24)
- DNV-GL 홈페이지, <https://www.dnvgl.com/maritime/green-shipping-programme/index.html> (검색일: 2020. 10. 24)
- EIBIP 홈페이지, <https://eibip.eu/funding/support-programme-innovative-shipping-building-safeguards-competitive-jobs/> (검색일: 2020. 10. 24)
- Green car congress 홈페이지, <https://www.greencarcongress.com/2016/10/20161006-sandia.html> (검색일: 2020. 10. 24)
- H2-View 홈페이지, 영국 수소추진 선박 개발, <https://www.h2-view.com/> (검색일: 2020. 10. 12)

Homeblower 홈페이지, <https://www.hornblower.com/new-york/hornblower-hybrid/> (검색일: 2020. 10. 24)

IMO 홈페이지, <http://www.imo.org/> (검색일: 2020. 6. 18)

Kotra 해외시장뉴스, 독일 조선해양산업, <http://news.kotra.or.kr/user/globalAllBbs/kotranews/album/781/globalBbsDataAllView.do?dataIdx=179528&column=&search=&searchAreaCd=&searchNationCd=&searchTradeCd=&searchStartDate=&searchEndDate=&searchCategoryIdxs=&searchIndustryCateIdx=&searchItemName=&searchItemCode=&page=1&row=10> (검색일: 2020. 10. 24)

Offshore Energy 홈페이지, Future of Fjords 선박 운항, <https://www.offshore-energy.biz/the-fjords-pushes-delivery-of-new-zero-emission-ship-to-2020/> (검색일: 2020. 10. 12)

PBS 배터리 홈페이지, 배터리 하이브리드 선박, <http://blog.battery-solution.com/> (검색일: 2020. 10. 12)

Ship Technology 홈페이지, <https://www.ship-technology.com/projects/norled-zero-cat-electric-powered-ferry/> (검색일: 2020. 10. 24); <https://www.ship-technology.com/news/imo-greenvoyage-2050-ghg/> (검색일: 2020. 10. 24)

Splash 홈페이지, e-Oshima (일본 전기추진선박), <https://splash247.com/oshima-delivers-japans-first-battery-powered-ship/> (검색일: 2020. 10. 12)

YANMAR 홈페이지, 수소 연료 전지 테스트 선박, <https://www.yanmar.com/global/about/ymedia/article/trials-new-energy-source-in-japan.html> (검색일: 2020. 10. 12)

〈법령 및 판례 자료〉

「행정규제기본법」(1997.8.22. 신규제정/2020.2.4. 최신개정, 법률 제16322호)

「행정규제기본법 시행령」(1998.2.24. 신규제정/2018.10.16. 최신개정, 대통령령 제29237호)

부록

〈설문지〉

NO.

IMO 온실가스 규제대응 정책방향 연구

안녕하십니까? 먼저 바쁘신 중에도 이렇게 시간을 내주셔서 대단히 감사합니다.

한국해양수산개발원은 IMO의 국제해운 온실가스 배출 감소 관련 규제 대응 및 정책 개발을 위해 'IMO 온실가스 규제대응 정책방향 연구'를 수행하고 있습니다.

본 설문지는 IMO 해양환경 전문가를 대상으로 진행하는 설문조사로서, IMO 회원국들이 제시한 감축 조치를 바탕으로 분류된 접근방법의 우선순위 도출을 목적으로 합니다. 가중치는 <그림 1>의 평가기준에 대한 쌍대비교와 각 평가기준에 따른 접근방법 14개의 절대비교를 통해 도출할 예정입니다.

본 조사결과는 통계적으로 처리되므로 개인의 응답내용에 대해서 공개하지 않습니다.
다소 바쁘시더라도 성실히 응답해주시면 감사하겠습니다.

2020. 06. 10.

한국해양수산개발원

연락처) 연구책임자: 박한선 연구위원(051-797-4627, hspark@kmi.re.kr)

연구진: 김보람 연구원(051-797-4640, zzz3678@kmi.re.kr,)

박상원 연구원(051-797-4919, psw6745@kmi.re.kr)

정인희 연구원(051-797-4920, inhoe@kmi.re.kr)

■ 다음과 같은 귀하의 정보를 작성해주시시오.

소 속	개인 연락처(H.P.)
	* 설문조사 답례품(기프트콘) 전송 외에 다른 목적 없음

■ 귀하의 현재까지의 제직 분야와 경력을 작성해주시시오.(다중 선택 가능)

- ① 산업계: _____ 분야, _____ 년 경력 ② 학 계: _____ 분야, _____ 년 경력
 ③ 연구계: _____ 분야, _____ 년 경력 ④ 공무원: _____ 분야, _____ 년 경력
 ⑤ 기 타: _____ 분야, _____ 년 경력

■ 귀하의 IMO 회의 참석 횟수와 목적을 작성해주시시오.

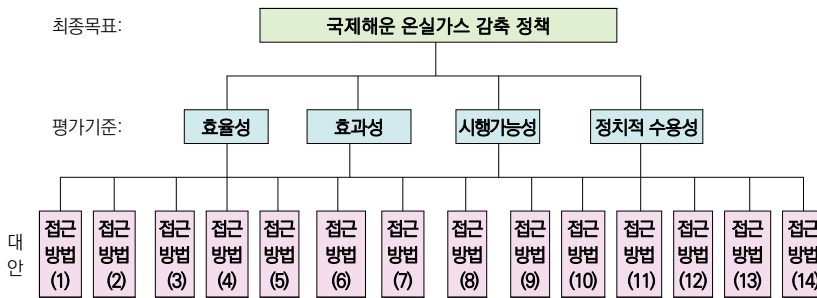
- ① 5회 미만 ② 10회 미만 ③ 15회 미만 ④ 20회 미만 ⑤ 20회 이상

* 회의 참석 목적: _____

- 내용 설명 -

- **(국제동향)** 온실가스 감축을 위한 국제적 의지가 날로 강화되고 있으며, IMO는 국제해운의 온실가스 규제 마련을 위해 세부내용을 구체적으로 논의하고 있음
 - IMO는 ‘IMO 선박 온실가스 감축 초기전략’을 채택하였으며(2018년), 파리협정의 이행실적을 점검하는 일정에 맞추어 최종전략(2023년)을 채택할 예정임
 - 온실가스 감축 조치는 단기(2018년~2023년), 중기(2020년~2030년), 장기(2030년 이후)로 분류되며, **시기별 감축 조치가 확정되면 규제로서 효력을 가짐**
- **(조사의 필요성)** IMO의 선박 배출 온실가스 감축 초기전략에 대한 면밀한 분석과 향후 전략개정 진행에 따른 대응방안 마련 필요
 - 온실가스 감축을 위한 접근방법에 대해 우선적으로 시행해야할 정책 및 대응방안 확보가 필요함에 따라 국내 온실가스 전문가를 대상으로 계층분석과정(AHP) 기법을 진행
 - IMO 회원국들이 제안한 온실가스 배출 감축 조치에 대한 중요도를 분석하여 정책 방향과 개발에 참고

〈그림 1〉 GHG 감축 조치의 우선순위 도출을 위한 AHP 분석 계층 구조



1. 최종목표: 국제해운의 온실가스 감축을 위한 정책
2. 평가기준의 정의

효율성(Efficiency)	가치있는 성과를 달성하기 위해 필요한 노력의 정도(또는 투입 대비 산출 비율)
효과성(Effectiveness)	정책 목표의 달성 정도(또는 환경오염에 대한 감축 목표 달성 여부)
시행가능성(Enforceability)	정책의 정당성(또는 정책 목표 달성을 위한 강제적 시행가능성 여부)
정치적수용성(Political Acceptability)	정책적 지지 정도(또는 조치가 정책으로서 개발 가능성)

자료: 신용광(2005) 외, p.44 바탕으로 연구진 작성

3. 의사결정대안

〈표 1〉 IMO 회원국들이 제안한 해운분야 온실가스 감축 조치

접근방법	제안된 조치
(1) EEDI 기반 현존선 에너지 효율 향상	MARPOL 부속서 6(규칙 20, 21)의 현존선(2000년부터 인도된 선박) 적용
	모든 현존선에 대한 의무적인 에너지효율 지표 적용
(2) EEDI 추가 개발	비전통 추진방식을 가진 선박에 대한 EEDI 개발 및 적용
	EEDI의 추가적인 단계 및 비율 도입
(3) SEEMP 기반 현존선 에너지 효율 향상	선박 안전관리체계(SMS)의 SEEMP 파트 I 제정 및 의무적 감사 수감
	SEEMP에 의무적인 속도 조정 또는 최대 허용 주기간 연료 소비값 규정을 포함
	SEEMP에 운항적 지표의 의무적인 계산 및 목표 설정 등을 포함
	SEEMP에 탄소집약지표를 사용한 탄소집약도 감축 목표기반의 규정 포함
	SEEMP에 EEDI 기준선 및 성능지표를 사용한 목표기반의 규정 포함
	SEEMP에 선주가 정한 적절한 운항에너지효율지표 또는 KPI 포함
(4) 적절한 운항에너지 효율지표 식별	운항에너지효율 지표 평가 및 계산 지침 개발
	합리적인 결과 산출을 위한 대체 운항에너지효율지표 탐색
	해운산업의 탄소집약도 평가를 위한 실현가능한 방법 개발
	메커니즘(성능 표시 또는 등급) 벤치마킹
(5) 최적 속도 및 감속 규제 개발	SEEMP 강화를 통한 최적 속도 장려
	속도 규정체계 시행(각 EEDI 분류별 속도 목표, 종류, 강화, 처벌 및 특정 상황 고려)
	MARPOL 부속서6에 선종 및 크기에 따른 연간 최대평균속도값 포함
(6) 메탄슬립 감축 규제 개발	목표기반의 메탄슬립 규정 개발
	다양한 주기간 기술을 위한 메탄 배출 기준선(Baseline) 개발
	CO ₂ 등가를 사용하여 EEDI에 모든 배출물질을 반영
(7) 휘발성 유기 화합물(VOC) 감축 규제 개발	IMO 규정의 휘발성 유기화합물(VOC) 배출 통제 개선
	탱커 터미널의 VOC 증기 회수 개선방안 고려

접근방법	제안된 조치
(8)국가행동계획 (NAP) 개발	국가행동계획 개발 및 최신화에 대한 MEPC 결의문 채택
	국가행동계획의 구성 및 내용을 위한 지침 개발
(9) 항만 개발활동 장려	선박과 항만 개선을 통한 항만효율 향상방안 개발
	육상 전기추진시스템에 대한 기술적 지침 완성
(10) 연구개발(R&D) 활동 착수 및 지원	산업, 회원국과 이해관계자가 참여 가능한 R&D 프로그램 개발
	GHG/탄소 집약도 감축 기술의 효과성 평가 기준 개발
	실현가능한 저탄소/무탄소 식별 연구 증대
(11) 선두 주자 인센티브 제도	EEDI 조건을 향상시킨 LNG 추진선 고려
(12) 모든 연료 전주기 GHG/ 탄소집약도 지침 개발	연료의 전주기 온실가스/탄소 집약도 지침 개발
	다양한 연료의 배출 데이터베이스 개발
	다양한 연료의 GHG 영향 계산 및 탄소 계수값 할당을 위한 표준화
(13)저탄소/무탄소 연료 활성화 프로그램 마련	대체연료 활용을 위한 장애요소 해결 프로그램 개발
	무탄소 및 비화석 연료에 대한 프로그램 개발
(14) 신규/혁신적 배출 감축 메커니즘	신규/혁신적인 배출 감축 메커니즘 고려
	연간 선대 배출상한제(FAEC)와 같은 국제적 목표기반의 조치 설계

- 응답 설명 -

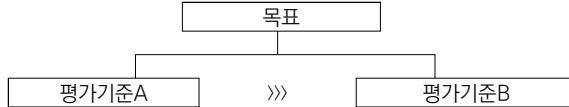
■ 계층화 분석법(AHP: Analytic Hierarchy Process)

- 평가에서 고려되는 항목을 계층화하여 주요요인을 분해하고 쌍대비교하여 평가 항목 간 상대적 중요도를 측정하여 종합적인 판단을 도출하는 의사결정 기법
- 본 설문지는 응답자의 피로도와 일관성을 고려하여 평가기준에 대해서는 쌍대 비교(효율성, 효과성, 시행가능성, 정치적수용성)를, 의사결정대안(접근방법 14가지)에 대해서는 절대비교를 적용하여 구성함

■ 설문 응답 방법

- 평가기준의 쌍대비교
 - 변수요소 간 상대적 중요도를 비교하는 쌍대비교표가 제시되며, 중요하다고 생각하는 항목 쪽으로 중요도 만큼의 숫자에 체크함
 - 평가기준 A가 평가기준 B보다 “매우 중요”하다고 판단되는 경우, 아래와 같이 ⑦에 표시

평가항목	절대 중요	매우 중요	중요	약간 중요	같은 중요	약간 중요	중요	매우 중요	절대 중요	평가항목
항목A	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	항목B



○ 의사결정대안의 절대비교

- 의사결정대안을 5점 척도의 절대비교를 통해 측정하는 방식으로, 평가기준을 고려하였을 때의 각 대안의 중요도에 따라 숫자에 체크함

(예시) 효율성 측면에서의 대안의 절대비교

의사결정대안		중요도				
		①	②	③	④	⑤
에너지효율개선	접근방법 (1)	①	②	③	④	⑤
	접근방법 (2)	①	②	③	④	⑤
	접근방법 (3)	①	②	③	④	⑤
	접근방법 (4)	①	②	③	④	⑤
신규 규제 개발	접근방법 (5)	①	②	③	④	⑤
...	...	...	...	...	...	...

■ 설문 응답 일관도

- AHP분석에서는 비일관도 지수가 높게 산출되어 0.15 이상인 경우(아래 예시 참조) 응답결과를 신뢰할 수 없다고 판단하여 재설문 또는 미반영으로 진행함

항목 A	〉 항목 B	:	항목 A가 항목 B보다 2배 중요하다고 응답
항목 A	〉〉 항목 C	:	항목 A가 항목 C보다 4배 중요하다고 응답
↓ ↓ ↓			
항목 B	〉 항목 C	:	항목 B가 항목 C보다 2배 중요

☞ 원인 1 : 서수적 일관성 결여 : 위 사례에서 C가 B보다 중요하다 응답할 경우

☞ 원인 2 : 기수적 일관성 결여 : 위 사례에서 B가 C보다 9배 중요하다고 응답할 경우

- 설문지 -

○ 평가기준의 쌍대비교

평가항목	절대 중요	매우 중요	중요	약간 중요	같은 중요	약간 중요	중요	매우 중요	절대 중요	평가항목
중요도	←-----→									중요도
효율성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	효과성
효율성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	시행 가능성
효율성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	정치적 수용성
효과성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	시행 가능성
효과성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	정치적 수용성
시행 가능성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	정치적 수용성

○ 의사결정대안의 절대비교

효율성 측면에서의 대안의 절대비교

의사결정대안	중요도				
	①	②	③	④	⑤
접근방법 (1)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (2)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (3)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (4)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (5)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (6)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (7)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (8)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (9)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (10)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (11)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (12)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (13)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (14)	①	②	③	④	⑤

효과성 측면에서의 대안의 절대비교

의사결정대안	중요도				
	①	②	③	④	⑤
접근방법 (1)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (2)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (3)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (4)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (5)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (6)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (7)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (8)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (9)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (10)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (11)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (12)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (13)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (14)	①	②	③	④	⑤

실행가능성 측면에서의 대안의 절대비교

의사결정대안	중요도				
	①	②	③	④	⑤
접근방법 (1)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (2)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (3)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (4)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (5)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (6)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (7)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (8)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (9)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (10)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (11)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (12)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (13)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (14)	①	②	③	④	⑤

정치적수용성 측면에서의 대안의 절대비교

의사결정대안	중요도				
	①	②	③	④	⑤
접근방법 (1)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (2)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (3)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (4)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (5)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (6)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (7)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (8)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (9)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (10)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (11)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (12)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (13)	①	②	③	④	⑤
접근방법 (14)	①	②	③	④	⑤

- 마지막 페이지, 설문에 응해주셔서 감사합니다 -

기본연구보고서 발간목록

2020년

01	해양수산업의 지역 간 연관구조 분석	장정인
02	해양수산 분야 기술 대외의존도 분석연구 - 스마트항만을 중심으로 -	전형모
03	지역 해양수산 오픈 플랫폼 구축방안 연구	최지연
04	갯벌 거버넌스 개선방안에 관한 연구	육근형
05	해양환경정책의 능동적 추진을 위한 자원체계 개선 방안 연구	박수진
06	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구	안용성
07	해양수산분야 사회문제해결형 R&D 기반 구축 연구	좌미라
08	해양 유입 하천쓰레기 관리체계 개선방안	이윤정
09	수산물 품질·안전관리 제도 개선방안 연구	이현동
10	국제법 변화에 대응한 어선원 안전 및 권리 제고방안 연구	한덕훈
11	스마트 양식 클러스터 추진 방안 수립 연구	이상철
12	해양포유류 보호에 관한 수산업 대응 방안 연구	정명화
13	수산물 수급통계 개선 방안 연구	김수현
14	IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구	박한선
15	퇴직전문가 활용을 통한 해운업 경쟁력 강화방안 연구	안영균
16	글로벌 선사들의 물류통합화 전략에 대한 국적선사의 대응방안	전형진
17	내항여객운송항로 정책 발전방안 연구	김태일
18	블록체인 기술기반 식품콜드체인 체계 구축 연구	조지성
19	항만자동화 도입 관련 노무 갈등 해소 방안 연구	김찬호
20	스마트항만과 스마트도시 연계 발전 방안 연구	이연경
21	항만의 회복탄력성 측정 모형 구축에 관한 연구	김성기
22	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 -新해사산업의경제적파급효과분석연구(4차년도)-	박한선
23	국내 항만연계 산업의 가치사슬 및 공급사슬 연계성 강화방안 - 자동차 산업을 중심으로	신수용

2019년

01	한반도 평화 체제 수립 대비 접경수역 연구	최지현
02	수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(2차년도)	이현동
03	4차 산업혁명 시대의 스마트 어촌 구축방안 연구	박상우
04	해양수산분야 예견적 위험분석 기반구축 연구	최석우
05	재해대응 및 환경보전을 위한 연안토지 매수 이행방안 연구	윤성순
06	선박 대기오염물질 배출저감 기술의 평가·인증체계 구축 및 활용방안 연구	안용성
07	해양레저관광서비스 산업 육성방안 연구	최일선
08	주요국의 나고야의정서 이행체계 강화에 대응한 해양유전자원정책 개선 연구	박수진
09	하천·해양 수질의 연계·통합 관리 체계 연구	장원근
10	총허용어획량(TAC) 기반 수산자원관리 강화 방안 연구	이정삼
11	우리나라 수산업·어촌의 공익적 기능에 관한 연구	류정곤
12	우리나라 원양산업의 사회적 책임 실천 강화를 위한 정책연구	정명화
13	수산업 노동시장 구조 분석과 노동정책 변화에 따른 대응 연구	한광석
14	우리나라 정기선 해운정책 개선 방안 연구	김태일
15	국내외 해운금융 비교를 통한 국내 해운금융 역량강화 방안 연구	전형진
16	해상 사이버 보안체계 강화방안 연구	박한선
17	해운 기업 비즈니스 모델과 경쟁우위 분석 연구	윤희성
18	국내 항만산업이 지역경제에 미치는 영향 분석	하태영
19	동북아 공동배출규제해역 지정 필요성 및 추진방안 연구	이기열
20	수출기업의 글로벌 공급사슬협력 수준 분석과 물류정책 방안 연구 - 화주~물류기업 협력을 중심으로 -	김은수
21	신선식품 수출입 증대를 위한 우리나라 항만물류 개선 방안	신수용
22	환동해권 물류 및 지역개발 비즈니스 모델 제안과 협력방안	박한선
23	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 우리나라 新해사산업의 경쟁력 분석에 관한 연구 -	최나영환

수시연구보고서 발간목록

2020년

01	포스트 코로나 19 해양수산 분야 정책방안	박광서
02	생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구	심성현
03	해양법 전문인력 양성 방안 연구	박영길
04	무인도서 해양주권 강화와 이용 활성화를 위한 제도 개선방안	정지호
05	지역 해양수산 재정분권 대응방향	황재희
06	데이터 3법 개정에 따른 항만·물류 데이터 활용도 제고 방안	이기열
07	양식 활어 유통 효율화 방안 연구	마창모
08	해양레저관광사업 추진을 위한 제도정비 방안	홍장원
09	해양바이오기업의 규제 정비 방안 연구	최석문
10	비상체제 시 선원의 안전을 위한 선박-항만-항공 이동경로 구축방안	이혜진

2019년

01	일본의 수산물 수입 구조 분석과 對일본 수출 전략 연구	임경희
02	선박부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 정책방향 연구	박수진
03	수산물 위생안전을 위한 저온유통체계 구축방안 연구	장홍석
04	전국 사업체조사 마이크로데이터를 활용한 어촌지역 고용통계 (2016, 2017)	한광석

일반연구보고서 발간목록

2020년

01	지역 해양관광 경쟁력 지수 체계화 연구	최일선
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구	강무홍
03	김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구	허수진

04	중앙 북극 공해 비규제어업방지협정 이행방안 연구	김민수
05	동해 평화관광구역 조성 방안 연구	윤인주
06	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(II) - 일반 수출입 컨테이너 정보교환방식 중심 -	이연경
07	스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석	박성화
08	인공지능기반 해상운임예측 연구	황수진
09	국제물류주산업 실태분석 및 경쟁력 제고 방향 연구	최나영환
10	디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구	박희대
11	시계열 분석을 통한 해운시장 분석 및 예측 연구	고병욱
12	해양수산분야 글로벌 경제효과 분석모형(KMI-GEM) 시범 구축 연구	임병호
13	해운항만물류 인력양성사업 관리운영 제도 개선 방안 연구	이자연

2019년

01	양식수산물의 경영비 조사체계 구축에 관한 연구	백은영
02	딥러닝 기반의 건화물선 시황예측 연구	윤희성
03	해운-조선산업 관계분석 연구 - 컨테이너 신조발주량 예측 -	최건우
04	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅰ) - 디지털 공급사슬 생태계 정보통합지도 구축 중심 -	최상희
05	시민 건강증진을 위한 해안관리 방향	정지호
06	우리나라 주요 국제여객항 운영체계 개선방안 연구 : 운영, 시설, 제도를 중심으로	이경한
07	북한 서해 해양관광 활성화 방안	윤인주
08	EU의 수산물 소비 특성 및 수출 전략(프랑스, 스페인을 중심으로)	김지연
09	해양수산 위성계정 기초연구(Ⅰ)	장정인
10	우리나라 해운·물류기업의 중국 자유무역시범구 활용방안 연구	김형근
11	지역 해양수산 혁신성장체계 구축 연구	최지연
12	도미니카공화국 뱀장어 양식사업 타당성 조사	마창모
13	강원도 어촌 신활력 제고방안(2차년도) - 어촌 활성화 거버넌스 구축과 신활력 사업구상 -	박상우

기본연구 2020-14

IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구

2020년 12월 29일 인쇄

2020년 12월 31일 발행

발 행 인 | 장 영 태

발 행 처 | 한국해양수산개발원

49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 | 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 | 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 | 캡스앤디 컴퍼니 (051-911-9890)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 02-394-0337

정가 15,000원