

IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향

The Impact of IMO Market-based Measures on
Korean Shipping Companies

김한나 · 박성화 · 김태일 · 최수호



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	김한나, 박성화, 김태일, 최수호
내부연구진	연구책임자 김한나 한국해양수산개발원 해운연구본부 전문연구원 공동연구원 박성화 한국해양수산개발원 해운연구본부 부연구위원 공동연구원 김태일 한국해양수산개발원 해운연구본부 연구위원 공동연구원 최수호 한국해양수산개발원 해운연구본부 전문연구원

연구기간	2022. 5. 1. ~ 2022. 10. 31.
-------------	-----------------------------

보고서 집필내역

연구책임자	김한나 연구총괄, 제1장~6장 일부
내부연구진	박성화 제1장 일부, 제3장 일부, 제4장 일부, 제5장 일부, 제6장 일부 김태일 제1장 3절 일부 최수호 제2장 일부

산·학·연·정 연구자문위원	박주성 한국선급 유럽지역본부장(상무) 천강우 한국선급 친환경기술팀 팀장 윤희성 한국해양대학교 해양금융대학원 교수 Manolis G.Kavussanos, Athens University of Economics and Business, Department of Accounting and Finance, Professor 한철환 동서대학교 국제물류학과 교수 이슬 해양수산부 해운정책과 사무관
---------------------------	--

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

IMO의 2050년 탄소중립·탄소제로 목표 설정과 EU 'Fit for 55'에 따른 환경 규제 조치 논의 결과에 따라 우리나라 해운산업의 불확실성과 우려가 높아지고 있다. IMO는 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위해 단기조치(EEDI, EEXI, CII 등)와 중 단기조치를 시행할 예정이다. 또한 유럽연합(EU) 집행위원회는 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위해 2023년부터 EU-ETS를 EU MRV(Regulation (EU) 2015/757) 대상 선박에 적용할 예정이다. 우리나라의 경우 온실가스 규제에 대응하기 위해 친환경 선박 보급 지원 정책을 시행하고 온실가스 규제 대응 방안에 대한 교육을 시행할 예정이다. 또한 국내 해운기업은 단기적으로 스크러버 설치 등을 통해 규제에 대응하고 있으며, LNG 추진선을 지속적으로 늘려가고 있다. 그러나 우리나라의 대응은 주로 단기적 조치로 해외의 대응 방안과 비교하면 미흡한 편이며 특히 탄소세나 탄소배출권 거래제 등 시장기반조치 도입 시 탄소배출량이 많은 해운산업을 중심으로 영업이익률 하락 및 탄소 저감을 위한 설비 투자 비용의 증가 등이 예상된다.

따라서 해운 역사상 가장 강력한 국제 온실가스 규제에 적절히 대응하기 위해서는 온실가스 규제 도입에 따른 국내 해운기업의 비용 증가와 재무건전성 변화를 실증적으로 분석할 필요가 있다. 이를 통해 IMO 온실가스 감축 조치, EU 'Fit for 55' 등 국제 온실가스 규제에 대한 우리 해운산업의 적절한 대응책을 마련할 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 먼저 해운산업에 적용될 예정인 국제 온실가스 규제 동향을 살펴보고 규제 관련 주요국과 글로벌 해운기업의 대응 방안을 조사하여 연구의 필요성을 제시하였다. 둘째, IMO GHG 연구의 상향식 방법(Bottom-up)을 토대로 우리나라 해운기업의 연간 연료소모량과 탄소배출량을 추정하였으며 추정한 탄소배출량을 바탕으로 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 시장기반조치 도입에 따른 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조에 미치는 영향을 추정하였다. 셋째, Merton 모형을 적용하여 탄소세와 탄소배출권거래제 가격 시나리오별로 우리나라 해운기업의 재무건전성 변화를 추정하였다. 마지막으로 해운산업에 시장기반조치가 도입될 경우 우리나라 해운산업에 적용 가능한 대응방안을 제시하였다.

본 연구는 우리 연구원의 김한나 전문연구원이 연구책임을 맡았고, 박성화 부연구

위원, 김태일 연구위원, 최수호 전문연구원이 공동으로 연구를 수행하였다. 또한 우리 연구원의 김태일 단장이 본 연구의 전체적인 감리를 맡아주셨으며 본 연구가 완성되기 까지 한국선급 유럽지역 박주성 본부장(상무), 한국선급 친환경기술팀 천강우 팀장, 한국해양대학교 해양금융대학원 윤희성 교수, 아테네경제경영대학교(AUEB) Manolis G. Kavussanos 교수, 동서대학교 국제물류학과 한철환 교수, 해양수산부 이슬 사무관이 자문위원으로 참석해주셨다. 이분들의 노고에 감사의 말씀을 드린다.

끝으로 본 보고서를 통해 우리나라 해운기업이 국제 환경 규제에 적절히 대응하고, 글로벌 해운시장에서 선대 경쟁력을 갖추는데 기여할 수 있기를 바란다. 그리고 향후 해운산업에 시장기반조치 도입 시 정부 정책 방향 설정을 위한 학술적·실무적·정책적 참고자료로 널리 활용될 수 있기를 바란다.

2022년 12월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책제안 _ i

요약 _ iii

Executive Summary _ xix

01

서론 _1

제1절 연구 배경 및 목적	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	4
제2절 연구 범위와 방법	5
1. 연구 범위	5
2. 연구 방법	8
제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 검토	10
1. 탄소세 관련 선행연구	10
2. 탄소배출권거래제 관련 선행연구	12
3. Merton 모형 관련 선행연구	14
4. 본 연구의 차별성	19

02

해운 부문 국제 환경 규제와 대응 동향 _21

제1절 국제 환경 규제	21
1. 국제 환경 규제 배경과 동향	21
2. IMO 환경 규제 주요내용과 전망	25
3. EU Fit for 55 주요내용과 전망	33
4. 규제별 특징	41
제2절 주요국 및 해외 주요선사 대응동향	44
1. 주요국 대응동향	44

2. 해외 주요선사 대응동향	47
제3절 소결	51

03 우리나라 해운기업의 탄소배출량 추정_55

제1절 분석개요와 기초자료	55
1. 분석개요	55
2. 분석 기초자료	56
제2절 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정	59
1. 연료소모량과 탄소배출량 산정 방법	59
2. 우리나라 해운기업 연료소모량 추정 결과	67
3. 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정 결과	70
제3절 소결	74

04 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 비용부담액과 재무구조 변화에 미치는 영향_77

제1절 분석개요와 기초자료	77
1. 분석개요	77
2. 분석 기초자료	79
제2절 탄소세 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 영향	85
1. 탄소세 도입 시나리오	85
2. 탄소세 비용부담액 분석	91
3. 수익성과 재무구조에 미치는 영향	93
제3절 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 영향	99
1. 탄소배출권거래제 도입 시나리오	99
2. 탄소배출권거래제 비용부담액	112
3. 수익성과 재무구조에 미치는 영향	119
제4절 소결	126

05 | 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업의 재무건전성에 미치는 영향_131

제1절 분석 방법론	131
1. 자산가치 및 변동성 추정	132
2. 부도거리(DD: Distance to Default)의 계산	134
3. 부도확률(EDF: Expected Default Frequency)의 계산	136
제2절 분석 범위와 자료	137
제3절 분석 결과	141
1. Merton 모형을 통한 탄소세 도입 영향 분석 결과	141
2. Merton 모형을 통한 탄소배출권거래제 도입 영향 분석 결과	145
제4절 소결	149

06 | 연구결과 요약 및 향후과제_153

제1절 연구결과 요약	153
제2절 향후 과제	158
1. 학술적 과제	158
2. 정책적 과제	160

참고문헌 _163

부록 _175

표 목차

〈표 1-1〉 본 연구의 범위와 분석 방법	7
〈표 2-1〉 주요 당사국총회(COP) 내용	22
〈표 2-2〉 교토의정서의 주요 제도	23
〈표 2-3〉 교토의정서와 파리협약 비교	24
〈표 2-4〉 IMO 환경 규제 조치별 주요 계획	26
〈표 2-5〉 IMO 단기적 조치	29
〈표 2-6〉 IMO 중장기 조치	32
〈표 2-7〉 유럽그린딜 추진 연혁	34
〈표 2-8〉 Fit for 55 패키지 주요 내용	35
〈표 2-9〉 Fit for 55 정책 주요 내용	36
〈표 2-10〉 EU Fit for 55 추진 현황	40
〈표 2-11〉 국제 환경 규제별 비교	42
〈표 2-12〉 시장기반조치(MBM) 규제별 비교	43
〈표 3-1〉 자료 설명 및 출처	57
〈표 3-2〉 우리나라 해운기업 소유선박 통계	57
〈표 3-3〉 2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료	62
〈표 3-4〉 주 엔진 연료 유형 분류	66
〈표 3-5〉 연료 종류별 연료기반 탄소 함량 및 이산화탄소 배출계수(EF_f)	67
〈표 3-6〉 선종별 우리나라 해운기업 연간 연료소모량(kt)	68
〈표 3-7〉 우리나라 해운기업 연료소모량 추정 결과	70
〈표 3-8〉 선종별 탄소배출량 추정 결과	71
〈표 3-9〉 상장 해운기업 탄소배출량	72
〈표 3-10〉 해운기업 선종별 비중 및 탄소배출량	73
〈표 4-1〉 자료 설명 및 출처	79
〈표 4-2〉 딜로이트 온실가스 배출량 상위 10대 기업 탄소세액 예상치	87
〈표 4-3〉 현재 논의 혹은 시행 중인 탄소세 가격	89
〈표 4-4〉 해운산업 탄소세 가격 시나리오	90
〈표 4-5〉 시나리오별 탄소세 비용	91
〈표 4-6〉 상장 해운기업 시나리오별 탄소세 비용	92
〈표 4-7〉 해운기업 전체 수익성과 재무구조 변화	94

〈표 4-8〉 A사 수익성과 재무구조 변화	95
〈표 4-9〉 B사 수익성과 재무구조 변화	96
〈표 4-10〉 C사 수익성과 재무구조 변화	97
〈표 4-11〉 D사 수익성과 재무구조 변화	98
〈표 4-12〉 NGFS의 6가지 시나리오	102
〈표 4-13〉 NGFS의 6가지 가격 시나리오별 탄소 가격	105
〈표 4-14〉 거래별 FFE당 비용 증가 추정치	108
〈표 4-15〉 탄소배출권거래제 가격 시나리오	112
〈표 4-16〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 1)	115
〈표 4-17〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 2)	116
〈표 4-18〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 3)	117
〈표 4-19〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 4)	117
〈표 4-20〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 5)	118
〈표 4-21〉 시나리오별 탄소배출권거래제 비용(4년 합계)	119
〈표 4-22〉 해운기업 전체 수익성과 재무구조 변화	121
〈표 4-23〉 A사 수익성과 재무구조 변화	122
〈표 4-24〉 B사 수익성과 재무구조 변화	123
〈표 4-25〉 C사 수익성과 재무구조 변화	124
〈표 4-26〉 D사 수익성과 재무구조 변화	125
〈표 5-1〉 자료 설명 및 출처	137
〈표 5-2〉 국내 상장 해운기업의 시장가치와 주가변동성	139
〈표 5-3〉 국내 상장 해운기업의 총부채	140
〈표 5-4〉 국내 상장 해운기업의 자산가치와 기대수익률	140
〈표 5-5〉 국내 상장 해운기업별 DD 및 EDF	141
〈표 5-6〉 탄소세 시나리오별 국내 상장 해운기업의 기대수익률	142
〈표 5-7〉 탄소세 시나리오별 국내 상장 해운기업의 DD 및 EDF	144
〈표 5-8〉 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 국내 상장 해운기업의 기대수익률 ..	146
〈표 5-9〉 ETS 가격 시나리오별 국내 상장 해운기업의 DD 및 EDF	147

그림 목차

〈그림 1-1〉 연구 방법과 절차	9
〈그림 1-2〉 바젤 은행감독위원회의 기후재무리스크 측정방법론	18
〈그림 3-1〉 탄소배출량 분석개요	56
〈그림 4-1〉 비용부담액과 재무구조 영향 분석개요	78
〈그림 4-2〉 국내 해운기업의 매출액과 영업이익률 추이(2000~2021년)	81
〈그림 4-3〉 국내 해운기업의 원가 대비 연료비 비율과 병커유가 추이 (2000~2021년)	82
〈그림 4-4〉 국내 해운기업의 자기자본순이익률과 총자본이익률 추이 (2000~2021년)	83
〈그림 4-5〉 국내 해운기업의 부채비율 추이(2000~2021년)	84
〈그림 4-6〉 국가별 1톤(tCO ₂ eq)당 탄소세율	88
〈그림 4-7〉 GCAM 모형의 도식화	103
〈그림 4-8〉 탄소가격 시나리오 결과(2020~2100)	104
〈그림 4-9〉 CO ₂ 배출량 시나리오 결과(2020~2100)	106
〈그림 4-10〉 국가별 배출권 거래제 가격(2021년 4월)	109
〈그림 4-11〉 우리나라 할당배출권 지표물 가격 추이	110
〈그림 4-12〉 국내 배출권 거래 시장 동향	111
〈그림 5-1〉 자산가치의 변화 과정	137
〈그림 5-2〉 KOFR 추이	138
〈그림 5-3〉 국내 상장 해운기업 주가 및 시가총액 추이	139
〈그림 5-4〉 탄소세 시나리오별 국내 상장 해운기업의 DD 및 EDF	145
〈그림 5-5〉 국내 상장 해운기업의 ETS 시나리오별 DD 및 EDF	148

약어 목록

- 공동이행제도(JI: Joint Implementation)
- 국제통화기금(IMF: International Monetary Fund)
- 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)
- 국제해운회의소(ICS: International Chamber of Shipping)
- 금융안정위원회(FSB: Financial Stability Board)
- 기후관련 재무정보공개 태스크포스(TCFD: Task Force on Climate-related Financial Disclosures)
- 녹색금융협의체(NGFS: Network for Greening the Financial System)
- 당사국총회(COP: Conference of the Parties)
- 무위험지표금리(RFR: Risk-Free Reference Rate)
- 바젤은행감독위원회(BCBS: Basel Committee for Banking Supervision)
- 배출계수(EF_f : Emission Factor)
- 부도거리(DD : Distance to Default)
- 부도확률(EDF: Expected Default Frequency)
- 블랙카본(BC: black carbon)
- 선박에너지효율관리계획(SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan)
- 선형감축계수(LRF: Linear Reduction Factor)
- 시장기반조치(MBM: Market Based Measures)
- 싱가포르 해양항만청(MPA: Maritime and Port Authority)
- 에너지 세제 지침(ETD: Energy Taxation Directive)
- 온실가스(GHG: Green House Gas)
- 온실가스배출권거래제(ETS: Emission Trading System)
- 유럽 그린딜(EGD: European Green Deal)
- 유럽경제지역(EEA: European Economic Area)
- 유럽중앙은행(ECB: European Central Bank)

-
- 유럽연합 배출허용량(EUA: European Union Allowance)
 - 유럽연합(EU: European Union)
 - 유엔기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)
 - 자기자본순이익률(ROE: Return On Equity)
 - 지속가능 항공연료(SAF: Sustainable Aviation Fuel)
 - 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)
 - 총자산이익률(ROA: Return on Total Asset Ratio)
 - 초기 등록비(IRF: Intial Registration Fee)
 - 탄소집약도(CII: Carbon Intensity Indicator)
 - 투자수익률(ROI: Return on Investment)
 - 한국무위험지표금리(KOFR: Korea Overnight Financing Repo Rate)
 - 정부 간 해사자문기구(IMCO: Inter-Governmental Maritime Consultative Organization)
 - 해양환경보호위원회(MEPC: Marine Environment Protection Committee)
 - 현존선 에너지효율지수(EEXI: Energy Efficiency Existing Ship Index)

정책제안

■ 분석 내용 및 방법

1. 해운 부문 국제 환경 규제와 주요국 및 글로벌 선사의 대응 방향을 문헌연구로 살펴봄으로써 우리나라 해운기업의 적절한 대응전략이 필요함을 제시함
2. 시장기반조치(탄소세, 탄소배출권거래제) 시행 시 우리나라 해운기업의 비용 증가 효과와 이에 따른 선사의 경영성과 및 재무 건전성에 미치는 파급효과를 분석함
3. 시장기반조치 도입 시나리오에 따른 우리나라 해운산업에 미치는 효과 분석 방법을 체계화하여 관련 연구의 분석기반을 마련함

■ 정책제안

1. 탄소세와 탄소배출권거래제의 해운 부문 도입 시 예상되는 해운기업의 비용부담과 재무건전성의 변화를 분석함으로써 향후 관련 정부 정책 방향 설정에 기여
2. 국적 선대의 경쟁력 강화를 위해 해운기업의 친환경 선박 개발 및 건조를 위한 지원을 확대할 필요성을 제시함

-
3. 국제 환경 규제는 2050년까지 지속적으로 풀어나가야 할 숙제이기 때문에 현재 추진중인 친환경 선박전환 보조금 지원 사업의 장기적인 확대가 필요함을 제시함
 4. 장기적으로 안정적인 친환경 선박 전환을 위해 민간자본의 선박금융 참여를 확대하는 다양한 방안들의 마련 필요성을 제시함
 5. 친환경 선박을 건조하는 경우 기존의 선박투자 관련 조세혜택을 확대하는 방안의 검토 필요성을 제시함
 6. 해운 부문 환경 규제에 따른 비용을 정부와 화주 등 관련 주체들이 분담하는 것에 대한 정부 차원의 검토 필요성을 제시함

요 약

IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향

김한나 · 박성화 · 김태일 · 최수호

1. 연구 목적

- 본 연구의 목적은 탄소배출량 감축을 위한 시장기반조치를 해운산업까지 확대할 경우 우리나라 해운기업이 부담해야 할 추가비용을 추정하고 재무성과 및 재무건전성에 미치는 영향을 실증적으로 분석하는 것임
- 구체적으로 첫째, 해운 부문 국제 환경 규제와 대응에 대한 동향 및 전망을 살펴봄
 - IMO 시장기반조치(MBM)와 EU의 ‘Fit for 55’에서 논의중인 탄소세와 배출권거래제(ETS)를 중심으로 논의 동향을 살펴보고 주요국 및 국제선사의 대응 방향과 계획을 탐색하고자 함
- 둘째, IMO의 시장기반조치(탄소세, ETS) 시행 시 우리나라 해운기업의 비용 증가 효과와 이에 따른 선사의 경영성과 및 재무 건전성에 미치는 파급효과를 분석하고자 함
- 셋째, 시장기반조치 도입 시나리오에 따른 우리나라 해운산업에 미치

는 효과 분석 방법이 체계화되어 있지 않기 때문에 관련 연구의 분석
기반을 제시하고자 함

2. 연구 방법 및 특징

1) 연구 방법

- 본 연구는 모두 6장으로 구성됨
- 제1장 서론에서는 연구 배경과 목적, 연구 범위 및 주요 내용을 서술함. 또한 본 연구에서 분석하는 주요 내용에 대한 선행연구를 검토하고 본 연구와의 차별성을 제시함
- 이어 제2장에서는 해운 부문 국제 환경 규제 논의 동향과 전망을 파악하고 주요국 및 해외 주요 선사의 대응 동향을 살펴봄
 - IMO 환경 규제와 EU 환경 규제 차이점과 공통점을 제시함
 - 탄소세와 탄소배출권거래제 관련 최신 논의 동향과 전망을 파악하고 3장과 4장 분석에 활용함
 - 주요국 및 해외 주요 선사의 대응동향을 파악해 우리나라 해운 부문에 적용 시 시사점을 도출함
 - 문헌 연구를 중심으로 국제환경 규제 및 해운 부문 환경 규제 관련 전문가 자문회의를 통해 최신 동향과 사례를 검토하고 문제점을 파악함
- 제3장에서는 우리나라 해운기업의 연료소모량과 탄소배출량을 추정함
 - 우리나라 해운기업의 운항 선박 통계를 토대로 기업별 연간 연료소모량과 탄소배출량 추정 결과를 제시함
 - 우리나라 해운기업의 운항 선박 현황, 손익 및 재무구조를 분석해 분석에 필요한 기초정보를 제시함

- IMO 보고서 등 국제적으로 표준화된 연료소모량 및 탄소배출량 추정기준을 적용하고 선박 및 환경 전문가 자문회의를 통해 결과의 정확성을 제고함
- 제4장에서는 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조에 미치는 영향을 분석함
 - 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 우리나라 해운기업의 비용부담액을 추정함
 - 비용부담액을 바탕으로 자기자본순이익률, 총자본이익률 등 재무구조의 변화를 살펴봄
 - 탄소세와 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 변화를 파악하여 두 제도를 비교·분석함
- 제5장에서는 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향을 분석함
 - 재무(Finance) 기법인 블랙홀츠몰튼(Merton) 모형을 활용하여 부도거리(DD: Distance to Default)와 부도확률(EDF: Expected Default Frequency)을 산출함
 - Merton 모형을 통해 제4장에서 설정한 가격 시나리오별로 탄소세와 탄소배출권거래제 도입이 상장 해운기업 부실에 미치는 영향을 분석함
 - 자산가치와 자산가치의 변동성은 자기자본의 시장가치인 시가총액과 주가변동성을 통해 추정되므로 자산가치 변동성이 재무건전성에 영향을 크게 미치는 요인인 것으로 나타남
 - 금융, 재무(금융공학), 해운 등 각 분야 실무 전문가와 학계 전문가의 상시자문을 통해 방법론의 적용과 분석자료 및 결과의 타당성을 검증함
- 마지막으로 제6장 연구결과 요약 및 향후과제에서는 연구결과를 요약하고, 향후 정부의 관련 제도 도입에 대한 시사점과 향후과제 제시함
 - 탄소세와 탄소배출권거래제 도입이 우리나라 해운기업에 미치는 영향에 대한

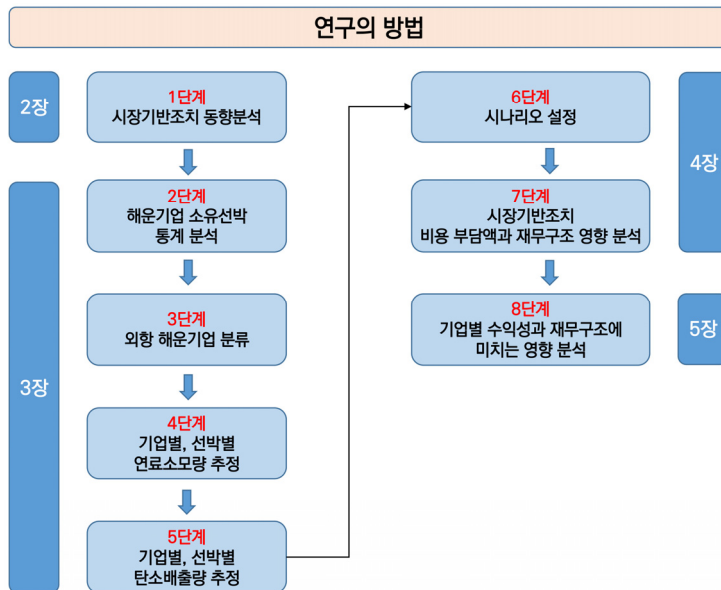
- 전반적인 내용과 연구결과를 요약하고, 연구결과에 따른 향후 과제를 제시함
- 연구결과를 바탕으로 실무에 적용하기 위한 방안을 제시하여 우리나라 해운기업의 경쟁력을 높이기 위한 기여점을 제시함

〈표 1〉 본 연구의 범위와 분석 방법

구분	주요 내용	분석방법
제1장	서론 • 연구 배경 및 목적 • 연구 범위와 방법 • 선행연구와 본 연구의 차별성 검토	- 선행연구 고찰
제2장	해운 부문 국제 환경 규제와 대응 • 국제 환경 규제 배경과 동향 • EU Fit for 55 주요내용과 전망 • IMO 환경 규제 주요내용과 전망 • 주요국 및 해외 주요선사 대응동향	1. 문헌연구 2. 사례분석 3. 전문가 자문회의
제3장	우리나라 해운기업의 탄소배출량 추정 • 연료소모량과 탄소배출량 산정 방법 • 우리나라 해운기업 연료소모량 추정 • 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정 • 분석 범위와 자료 • 분석 결과	1. 문헌연구 2. 통계분석
제4장	시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 비용부담액과 재무구조에 미치는 영향 • 비용부담액 분석 개요 • 탄소세 및 탄소배출권거래제 도입 시나리오 • 탄소세 및 탄소배출권거래제 비용부담액 분석	1. 문헌연구 2. 시나리오 분석 3. 재무계량 분석
제5장	시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향 • 분석 범위와 자료 • 분석 결과 • Merton 모형을 통한 부도예측 • Merton 모형을 통한 탄소세 및 탄소배출권거래제 도입 영향	1. 문헌연구 2. 시나리오 분석 3. 실증분석 - Merton 모형 분석
제6장	연구결과 요약 및 향후과제 • 연구결과 요약 • 향후 과제	1. 문헌연구 2. 연구진/전문가 브레인 스토밍

종합적으로 연구의 절차를 살펴보면 1단계는 국제 해운 부문 시장기반조치 논의 동향을 분석한다. 2단계는 클락슨 World Fleet Register의 통계를 기반으로 우리나라 해운기업의 소유선박 통계를 분석한다. 3단계는 2단계에서 정리한 통계에서 외항 해운기업을 분류한다. 4단계는 IMO GHG 연구의 상향식 방법을 통해 기업별, 선박별 연료소모량을 추정한다. 5단계는 4단계에서 산출한 연료소모량을 토대로 탄소배출량을 추정한다. 6단계는 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오를 설정한다. 7단계는 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조 변화를 파악하여 두 제도를 비교·분석한다. 8단계는 Merton 모형을 통해 6단계에서 설정한 가격 시나리오별로 탄소세와 탄소배출권거래제 도입이 상장 해운기업 부실에 미치는 영향을 분석한다.

〈그림 1〉 연구 방법과 절차



주1: 단계별 구체적인 연구 방법과 절차는 각 장에 설명되어 있음

주2: 〈그림 1〉은 제1장〈그림 1-1〉과 동일함

자료: 저자 작성

2) 연구의 특징

- IMO의 2050년 탄소중립·탄소제로 목표 설정과 EU ‘Fit for 55’에 따른 환경 규제조치 논의 결과에 따라 우리나라 해운업계의 불확실성과 우려가 커지고 있음
- 특히 탄소세나 탄소배출권거래제 등 시장기반조치 도입 시 탄소배출량이 많은 해운산업을 중심으로 영업이익률 하락 및 탄소 저감을 위한 설비투자 비용의 증가 등이 예상되므로 국내 해운업에 미치는 영향에 대한 연구가 필요함
- 따라서 해운 부문에 시장기반조치(탄소세, ETS)가 도입될 경우 우리나라 해운기업 및 산업에 미치는 파급효과를 분석할 필요가 있음
- 해운 역사상 IMO의 가장 강력한 환경 규제에 대비하기 위해 해운 분야에서도 시장기반조치와 관련된 연구가 이루어지고 있으나, 대부분의 선행연구는 시장기반조치 관련 국제사회(IMO, EU 등)의 논의 동향, 정책 등을 한정적으로 다루고 있음
- 국내 해운산업 탄소배출권거래제 관련하여 비용효과를 분석한 연구는 없으나 한국선급에서 해운 분야 EU-ETS 영향을 분석한 자료가 확인됨. 그러나 한국선급에서 진행한 분석은 EU역내외 선사에 한정하여 배출 총량에 대한 비용 증가분만을 분석했다는 데 한계가 있음
- 현재 우리나라의 경우 탄소세 혹은 ETS 도입에 따른 국내 해운기업 및 해운산업에 미치는 비용 증가 효과와 경영성과에 미치는 영향에 대한 분석이 아직 전무한 실정임
- 따라서 본 연구는 탄소배출량 감축을 위한 시장기반조치를 해운산업까지 확대할 경우 우리나라 해운기업이 부담해야 할 비용부담액을 추정하고 재무성과 및 재무건전성에 미치는 영향을 실증적으로 분석한다는 데에서 차별성이 있음

- 구체적으로 선행연구는 시장기반조치에 따른 선사들의 탄소배출량 추정에 집중했지만 본 연구는 시나리오별 탄소배출량에 따른 우리나라 해운기업의 수익성과 부도확률을 추정하는 데까지 연구 범위를 확장함
- 또한 선행연구는 우리나라 해운산업 전반이 아닌 몇 개의 해운기업을 대상으로 제한된 연구를 진행했으나 본 연구는 우리나라 해운기업 전체를 살펴봄으로써 연구 대상의 범위도 확장함
- 특히 산업은행에서 최근 기후위기에 따른 금융기관의 부도확률 스트레스 테스트를 위해 사용하고 있는 Merton 모형을 해운 부문에 적용한다는 데 의의가 있음
- 종합적으로 본 연구에서는 클락슨 World Fleet Register를 활용하여 우리나라 해운기업의 자료를 확보하고 이를 바탕으로 탄소배출량을 산정함. 그리고 탄소세와 탄소배출권거래제 가격 시나리오를 설정하고 가격 시나리오별 해운기업의 비용부담액과 재무구조의 영향을 추정함. 또한 Merton 모형을 활용하여 시장기반조치 도입에 따른 해운기업의 재무건전성 영향을 분석함

3. 연구결과

1) 연구결과 요약

(1) 해운 부문 국제 환경 규제와 대응 동향

- 제2장에서는 해운산업에 적용될 예정인 국제 환경 규제와 이에 따른 대응 동향을 조사하고 해운산업의 환경 규제에 따른 각각의 국가와 주요 선사들의 대응 동향을 파악함으로써 국내 해운산업의 환경 규제 대응에 대한 현 상황을 조사함

-
- IMO MEPC 제77차 회의에서 IMO가 수립한 GHG 배출 초기감축 목표를 상향조정하여 2050년까지 국제 해운 배출량을 제로로 설정, 즉 탄소중립에 대한 논의가 이루어짐
 - IMO는 GHG 감축 목표를 달성하기 위해 단기조치(EEDI, EEXI, CII 등)와 중단기조치(온실가스 분담금 제도, 배출권거래제도, 온실가스 연료표준제도, 탄소세 등)로 나누어 규제하고 있으며 중장기조치 또한 지속적으로 논의하고 있음
 - 2021년 7월 14일 유럽연합(EU) 집행위원회는 2050년 탄소중립 실현을 위한 중간 목표로, 2030년까지 탄소배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축하는 입법안 패키지(Fit for 55)를 발표함
 - 2023년부터 국제해운 부문 EU-ETS를 확대할 계획이며, EU MRV (Regulation (EU) 2015/757) 적용 대상 선박에 적용할 예정임
 - 2025년부터 FuelEU Maritime을 도입하여 유럽의 모든 항구에서 선박이 사용하는 에너지의 온실가스 총량을 규제할 예정이며 온실가스 집약도 제한기준을 만족시키지 못할 경우 각 연료 종류별로 벌금을 납부해야 함
 - 이처럼 IMO의 2050년 탄소중립·탄소제로 목표 설정과 EU 'Fit for 55'에 따른 환경 규제조치 논의 결과에 따라 우리나라 해운업계의 불확실성과 우려가 높아지고 있음
 - 주요국은 해운산업의 환경 규제에 대응하는 아젠다를 설정하고 단계별 목표와 추진과제를 진행하고 있으며, 주요 선사는 친환경 연료, 친환경선박 개발에 집중하여 국제 온실가스 감축 목표를 달성하고자 노력하고 있음
 - 일본은 국가적 차원에서 해운산업 탄소세를 지지하고 있으며 2050년까지 해운산업의 탈탄소화를 위한 단계별 목표와 추진과제를 제시하고 있음. 싱가포르의 친환경선박프로그램과 지속가능한 에너지 개발을 위한 로드

맵을 구성하고 있고, 독일도 수소 연료 개발 등 환경 규제에 대응하기 위한 ‘해양 아젠다 2050’을 수립함

- Maersk Line은 이산화탄소 톤당 \$150의 탄소세를 제안하고 있으며 암모니아 추진선 발주 등 환경 규제에 적극적으로 대응하고 있음. CMA-CGM은 화석연료 투자철회운동과 친환경적인 수소에너지 생산 프로젝트인 Jupiter 1000에 합류하면서 탄화수소의 대안을 찾고자 노력하고 있음
- 우리나라의 경우 IMO의 온실가스 감축 추진에 따라 친환경 선박 보급 지원 정책과 환경 규제 대응방안에 대한 교육을 시행할 예정이며, HMM은 LNG 추진 컨테이너선을 지속적으로 늘리고, 단기적으로 스크러버를 설치하여 온실가스 배출을 줄일 계획임
- 그러나 우리나라의 대응은 주로 단기적 조치로 해외의 대응 사례와 비교할 때 다소 미흡한 편임. 특히 탄소세나 탄소배출권거래제 등 시장기반조치 도입 시 탄소배출량이 많은 해운산업을 중심으로 영업이익률 하락 및 탄소 저감을 위한 설비투자 비용의 증가 등이 예상됨
- 따라서 탄소세나 탄소배출권거래제 등 시장기반조치 도입으로 국내 해운기업에 미치는 비용 증가와 재무건전성 변화를 분석하여 국제 환경 규제에 선제적으로 대응해야할 필요가 있음

(2) 우리나라 해운기업의 탄소배출량 추정

- 제3장에서 IMO GHG 연구의 상향식 방법(Bottom-up)을 토대로 우리나라 해운기업의 연간 연료소모량과 탄소배출량을 추정함
- 추정을 위해 우리나라 해운기업 운항선박 통계 및 재무자료, IMO 2018년 상향식(Bottom-up) 방식의 선대별 표준 자료를 사용함
- 클락슨 WFR 데이터 기준 우리나라 해운기업 총 95개사, 1,094척에 대한

연료소모량은 9,211킬로톤, 탄소배출량은 약 2,850만 톤임

- 선종별로 살펴보면 벌크선의 경우 309척으로 척 수가 가장 많으며 연간 탄소배출량은 약 802만 톤, 컨테이너선의 경우 연간 탄소배출량은 807만 톤, 유조선은 67척으로 연간 탄소배출량은 357만 톤으로 나타남
- 벌크선, 컨테이너선, 유조선은 척수가 많은 만큼 총 연료소모량과 탄소배출량의 대부분을 차지하고 있으며 컨테이너선의 경우 벌크선이나 유조선보다 척수가 적지만 탄소배출량은 훨씬 높은 것으로 나타남
- 컨테이너선이 벌크선이나 탱커선에 비해 평균 항해 일수가 많고, 정시성이 중요하기 때문에 저속 항해에 제한이 있어 자연스럽게 연료소모량이 높아지기 때문인 것으로 판단됨
- 또한 상장 해운기업 4개사(A사, B사, C사, D사)를 살펴보면 A사는 보유 선박 55척으로 연간 탄소배출량은 400만 톤, B사는 보유 선박 110척으로 연간 탄소배출량 267만 톤, C사는 보유 선박 39척으로 연간 탄소배출량은 116만 톤, D사는 보유 선박 29척, 67만 톤으로 추정됨
- A사는 B사에 비해 보유 선박 척수가 2배 적지만 탄소배출량은 4개 해운기업 중 가장 높게 나타났으며, 이는 A사는 컨테이너선 비중이 높기 때문임
- 따라서 기업별 보유 선대의 특성이 총 탄소배출량에 영향을 미치는 주요한 요인 중 하나가 될 수 있다고 볼 수 있음

(3) 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 비용부담액과 재무구조에 미치는 영향

- 제4장에서는 제3장에서 추정한 탄소배출량을 바탕으로 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 시장기반조치 도입에 따른 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조에 미치는 영향을 추정함

- 먼저 탄소세와 탄소배출권거래제 가격 시나리오를 5가지로 설정함
 - 탄소세 가격 시나리오는 해운산업에 탄소세가 도입될 경우 논의되고 있는 탄소세 가격과 타 산업에서 이미 시행 중인 탄소세 가격을 고려하여 이산화탄소 톤당 32.8달러에서 150달러까지 구분함
 - 탄소배출권거래제 가격 시나리오는 타 산업에서 시행 중인 탄소배출권거래제 가격 기준과 녹색금융협의체(NGFS)에서 제시한 기후리스크 시나리오 중 널리 활용되는 가격 시나리오를 바탕으로 탄소배출 톤당 15.9달러에서 61.07달러까지 구분함
- 탄소세와 탄소배출권거래제의 비용부담액 규모를 비교하면 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 도입에 따른 비용부담액은 최대 4조 8,916억 원, 최소 1조 700억 원 발생하는 반면 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담액은 최대 8,307억 원, 최소 2,163억 원 발생하는 것으로 분석됨
 - 시나리오별 비용 증가에 따른 재무구조 역시 탄소배출권거래제에 비해 탄소세의 경우가 더 많은 영향을 받는 것으로 나타남
- 상장 해운기업별 분석 결과를 살펴보면 탄소배출권거래제 도입 시 수익성과 재무구조가 기준년도 대비 하락하긴 하지만, 마이너스 실적을 기록할 수준은 아닌 반면 탄소세 도입 시 규모가 작은 기업의 경우 탄소세 가격에 따라 수익성과 재무비율이 마이너스로 전환되는 결과가 나타남
 - 상장 해운기업 4개(A사, B사, C사, D사)를 살펴보면 먼저 A사는 탄소세 적용 시 연간 최소 1,501억 원에서 최대 4,574억 원의 탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제 적용 시 연평균 최소 303억 원에서 최대 1,165억 원이 발생할 것으로 예상됨
 - B사는 탄소세 적용 시 연간 최소 1,003억 원에서 최대 4,585억 원의

탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제 적용 시 연평균 최소 203억 원에서 최대 779억 원이 발생할 것으로 예상됨

- C사는 탄소세 적용 시 연간 최소 436억 원에서 최대 1,996억 원의 탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제 적용 시 연평균 최소 89억 원에서 최대 339억 원이 발생할 것으로 예상됨
- D사는 탄소세 적용 시 연간 최소 417억 원에서 최대 1906억 원의 탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제 적용 시 연평균 최소 51억 원에서 최대 197억 원이 발생할 것으로 예상됨
- 따라서 탄소세 도입 시 탄소배출권거래제 도입 시보다 우리나라 해운 기업의 비용 부담은 훨씬 높을 것으로 판됨
- 탄소세의 경우 해운기업이 선박 운영을 통해 발생하는 탄소배출량을 조절하는 방법으로만 비용부담액을 절감할 수 있지만, 탄소배출권거래제는 탄소배출량 조절 외 탄소배출권 거래 등을 통해 다양한 전략을 수립할 수 있기 때문에 해운기업 입장에서는 탄소배출권거래제의 도입이 더 유리할 것으로 판단됨
- 다만 탄소세는 가격이 고정인 반면 탄소배출권거래제는 탄소배출권의 가격이 변동하기 때문에 이를 전략적으로 활용하기 위해서는 이에 대한 전문 인력 양성도 필요할 것으로 예상됨

(4) 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향

- 제5장에서는 금융산업에서 기후위기에 따른 영향을 분석하기 위해 활용하는 Merton 모형을 적용하여 탄소세와 탄소배출권거래제 가격 시나리오별로 해운기업의 재무건전성 변화를 추정함
- 탄소세와 탄소배출권거래제 도입에 따른 영향도 분석은 가격 시나리

오별로 조정 EBITDA를 추정하고, 이를 통해 시나리오별 상장 해운기업의 DD와 EDF를 추정함

- 상장 해운기업의 주가 변동성과 기업의 시장 가치인 시가총액 자료는 FnGuide 자료를 활용하였으며 분석 대상은 상장 해운기업 A사, B사, C사, D사임
- 탄소세의 경우 4개 상장 해운기업의 DD와 EDF 추정 결과를 살펴보면 가장 높은 탄소세 가격인 시나리오2(\$150/t)를 적용 시 부도 가능성이 가장 낮은 기업은 A사, D사, B사, C사 순으로 나타난 반면, 가장 낮은 탄소세 가격인 시나리오5(\$32.8/t)를 적용할 경우, 부도 가능성이 가장 낮은 해운기업은 D사, A사, B사, C사 순으로 나타남
- 가장 높은 탄소세 가격(\$150/t) 적용 시 A사의 DD는 3.0535, EDF는 0.0011로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으며, 그 다음은 D사로 DD 2.7886, EDF 0.0026, B사 DD 2.7415, EDF 0.0031, C사 DD 2.4722, EDF 0.0067로 부도 가능성이 가장 높게 나타남
- 가장 낮은 탄소세 가격(\$32.8/t) 적용 시 D사는 DD 3.8575, EDF 0.0001, A사는 DD 3.1305, EDF 0.0009, B사는 DD 2.9683, EDF 0.0015, C사는 DD 2.7921, EDF 0.0026임
- 베이스 시나리오에서는 자산가치 변동성이 낮은 D사의 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으나, 탄소세 가격이 가장 높은 시나리오2(\$150/t)를 적용할 경우 D사는 A사에 이에 두번째로 낮은 것으로 변화됨
- 이는 D사의 경우 자산가치 변동성은 낮지만 EBITDA 역시 타 기업에 현저히 낮기 때문에 제4장의 결과와 같이 탄소세 비용 부담이 기대수익률 변화에 더 크게 작용했기 때문임
- 탄소배출권거래제의 경우 4개 상장 해운기업의 DD와 EDF 추정 결과를 살펴보면 가장 높은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오5(\$61.07/t)

적용 시 부도 가능성이 가장 낮은 기업은 D사, A사, B사, C사 순으로 나타났으며, 가장 낮은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오1(\$15.9/t)도 부도 가능성이 가장 낮은 해운기업이 D사, A사, B사, C사 순으로 나타남

- 가장 높은 탄소배출권거래제 가격(\$61.07/t)적용 시, D사의 DD는 3.793, EDF는 0.0001로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으며, A사 DD 3.1259, EDF 0.0009, B사 DD 2.9546, EDF 0.0016, C사 DD 2.7728, EDF 0.0028로 C사의 부도 가능성이 가장 높게 나타남
- 가장 낮은 탄소배출권거래제 가격(\$15.9/t) 적용 시, D사는 DD 4.062, EDF 0.00000, A사는 DD 3.1452, EDF 0.0008, B사는 DD 3.0116, EDF 0.0013, C사는 DD 2.8533, EDF 0.0022임
- 탄소배출권거래제 도입 시 제4장의 분석 결과에서 시장기반조치 도입 시 규모가 작은 D사가 가장 크게 영향을 받는 것으로 분석되었으나, Merton 모형을 적용한 재무건전성 분석에서는 부도 가능성이 가장 낮은 것으로 나타남
- DD 추정에서 자산가치와 자산가치의 변동성은 옵션모형을 기초로 자기자본의 시장가치(시가총액)와 주가 변동성을 통해 추정되는데, D사의 경우 추정된 자산가치 변동성이 다른 기업에 비해 매우 낮기 때문에 DD가 가장 크고 EDF가 가장 낮게 나타난 것으로 보임

2) 기대효과

- 시장기반조치 도입 시나리오를 바탕으로 우리나라 해운산업에 미치는 효과 분석 방법을 체계화하여 관련 연구의 분석기반을 마련함
- 탄소세와 탄소배출권거래제의 해운 부문 도입 시 예상되는 해운기업

의 비용부담과 재무건전성의 변화를 분석함으로써 향후 관련 정부 정책 방향 설정에 기여함

- 국적 선대의 경쟁력 강화를 위해 해운기업의 친환경 선박 개발 및 건조를 위한 지원을 확대할 필요성을 제시함
- 국제 환경 규제는 2050년까지 지속적으로 풀어나가야 할 숙제이기 때문에 현재 추진 중인 친환경 선박전환 보조금 지원 사업의 장기적인 확대가 필요함을 제시함
- 장기적으로 안정적인 친환경 선박 전환을 위해 민간자본의 선박금융 참여를 확대하는 다양한 방안들의 마련 필요성을 제시함
- 친환경 선박을 건조하는 경우 기존의 선박투자 관련 조세혜택을 확대하는 방안의 검토 필요성을 제시함
- 해운 부문 환경 규제에 따른 비용 부담을 정부와 화주 등 관련 주체들이 분담하는 것에 대한 정부 차원의 검토 필요성을 제시함

EXECUTIVE SUMMARY

The Impact of IMO Market-based Measures on Korean Shipping Companies

Han-Na Kim · Sung-Hwa Park · Tae-Il Kim · Soo-Ho Choi

1. Purpose

- This study aims to estimate additional costs that Korean shipping companies may burden when market-based measures are expanded to the shipping industry for reducing carbon emissions, and present an empirical analysis of the impact of their financial performance and financial soundness.
- More specifically, this study first investigated the trend and outlook of international environmental regulations and responses in the shipping sector.
- The trend of discussion has been focused on the IMO's market-based measures (MBM) and carbon taxes and emissions trading

system (ETS), a key tool discussed in 'Fit for 55' by the EU, followed by the response direction and plans of major countries and international shipping companies.

- Second, this study intends to analyze the growing cost burden of Korean shipping companies when IMO market-based measures (carbon taxes, ETS) are implemented, and accordingly its ripple effect on the financial performance and financial soundness of shipping companies.
- Third, this study presents the foundation for the analysis of relevant studies since the methods for analyzing the impact of Korean shipping companies based on the scenarios of introducing market-based measures have not been systematically organized.

2. Methodology and Features

1) Methodology

- This study consists of six chapters.
- As an introduction, chapter 1 describes the background, purpose, scope as well as major content of this study. After preceding studies related to major content were reviewed, this chapter presents distinctive features of this study.
- Having identified the discussion trend and outlook of

international environmental regulations in the shipping sector, Chapter 2 investigated the trend of response measures by major countries and global shipping companies.

- Commonalities and differences between IMO environmental regulations and EU environmental regulations are presented.
- The recent trend and outlook of carbon taxes and ETS were identified, which was utilized in the analyses in chapter 3 and chapter 4.
- After identifying the response trend of major countries and shipping companies, this study extracted implications when measures are implemented in Korea's shipping sector.
- While focusing on literature review, this study reviewed the recent trend and specific cases through an advisory meeting with experts working in international environmental regulations and environmental regulations in the shipping sector, and then identified problems.
- Chapter 3 includes the estimation of fuel consumption and carbon emissions of Korean shipping companies.
- Based on the statistics of ships in operation by Korean shipping companies, the estimation result of annual fuel consumption and carbon emissions per company were suggested.
- The basic information required for the analysis was provided by analyzing the status of ships in operation as well as income and financial statements of Korean shipping companies.
- This study improved the accuracy of the result by applying internationally standardized criteria of estimating fuel

consumption and carbon emissions such as IMO reports, as well as the result of advisory meeting with shipping experts and environmentalists.

- Chapter 4 analyzed the cost burden and the impact on the financial statement of Korean shipping companies with the introduction of market-based measures.
 - The cost burden of Korean shipping companies was estimated per price scenario of carbon taxes and ETS.
 - Based on the amount of cost burden, the change of financial statement was investigated such as return on equity (ROE) and return on investment (ROI).
 - This study analyzed and compared carbon taxes and ETS by analyzing the cost burden and the change of financial statement following the introduction of the two systems.
- Chapter 5 analyzed the impact that the introduction of market-based measures may have on the financial soundness of Korean shipping companies.
 - Utilizing the Black-Scholes-Merton model, a mathematical model for the financial market, the distance to default (DD) and the Expected default frequency (EDF) were estimated.
 - Through the Merton model, this chapter analyzed the impact of the introduction of carbon taxes and ETS on the insolvency of listed shipping companies per price scenario established in Chapter 4.
 - The asset value and asset value volatility can be estimated by

the market capitalization which is the market value of the equity and the volatility of stock prices. Therefore, the volatility of asset value is analyzed to have a great influence on the financial soundness.

- This study verified the validity of methodological applications, analysis data and results through a regular consultation with academic experts as well as field experts in finance (financial engineering) and shipping.
- Providing the summary of this result and future tasks, Chapter 6 summarizes the results of this study, while suggesting implications in case that the government introduces relevant measures as well as future tasks.
- After summarizing the general content regarding the introduction of carbon taxes and ETS on Korean shipping companies as well as analysis results, this chapter proposes future tasks based on the results.
- This study proposes measures for applying the result to practical businesses in the field, contributing to the increasing competitiveness of Korean shipping companies.

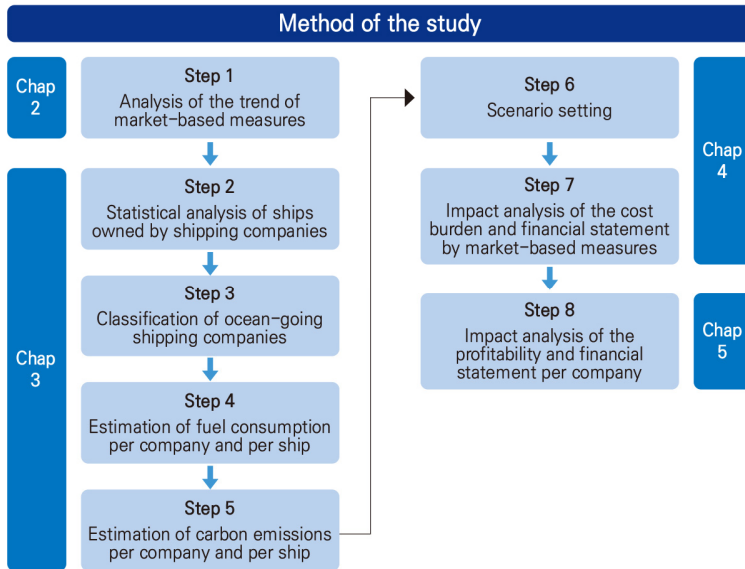
〈Table 1〉 The scope and analysis method of this study

Chapter	Major content	Analysis method
Chap 1	Introduction • Background and purpose of the study • Scope and methods of the study • Review of this study's differentiations from preceding studies	– Review of preceding studies
Chap 2	International environmental regulations and responses in the shipping sector • Background and trend of international environmental regulations • Major content and outlook of EU Fit for 55 • Major content and outlook of IMO environmental regulations • The trend of responses by major countries and global shipping companies	1. Literature review 2. Case analysis 3. Expert advisory meeting
Chap 3	Estimation of carbon emissions by Korean shipping companies • Calculation methods of fuel consumption and carbon emissions • Estimation of fuel consumption by Korean shipping companies • Estimation of carbon emissions by Korean shipping companies • Analysis scope and data • Analysis results	1. Literature review 2. Statistical analysis
Chap 4	The impact of MBM introduction to the cost burden and the financial structure of Korean shipping companies • Overview of cost burden analysis • Scenarios in which carbon taxes and ETS are introduced • Analysis of cost burden resulting from carbon taxes and ETS	1. Literature review 2. Scenario analysis 3. Financial econometrics analysis
Chap 5	The impact of MBM introduction to financial soundness of Korean shipping companies	1. Literature review 2. Scenario analysis 3. Empirical analysis

	• Analysis scope and data • Analysis results • Insolvency forecasting through Merton model • Impact of the introduction of carbon taxes and ETS through Merton model	– Analysis of the Merton model
Chap 6	Summary of research results and future tasks • Summary of research results • Future tasks	1. Literature review 2. Brainstorming of researchers and experts

Looking at the overall process of this research, the 1st step is to analyze the discussion trend of market-based measures in the international shipping sector. The 2nd step is to analyze statistics of ships owned by Korean shipping companies based on the World Fleet Register of Clarksons. Based on the statistics summarized in step 2, the 3rd step is to classify ocean-going shipping companies. The 4th step is to estimate the fuel consumption per company as well as by ship through a bottom-up approach of the IMO GHG study. The amount of carbon emissions were estimated in the 5th step based on the fuel consumption calculated during step 4. The 6th step is to set carbon price scenarios for carbon taxes and ETS. The 7th step is to identify the cost burden and change of financial statement of Korean shipping companies per each price scenario of carbon taxes and ETS and conduct a comparative analysis. The 8th step is to conduct an impact analysis of the introduction of carbon taxes and ETS to the insolvency of listed shipping companies per each price scenario established in step 6.

〈Picture 1〉 Method and process of the study



Footnote1: Specific step-by-step methods and processes are described in each chapter

Footnote2: 〈Picture 1〉 is same as 〈Picture 1-1〉 of chapter 1.

Source: Prepared by the authors

2) Features

- The uncertainty and concerns surrounding Korea's shipping industry are growing with the IMO's establishment of the target for carbon neutral and zero carbon by 2050 as well as the discussion result of environmental regulations in accordance with EU 'Fit for 55'.
- In particular, the introduction of market-based measures such as carbon taxes and ETS is expected to bring about a declining operating profit margin and an increasing investment in facilities for carbon reduction, which hence, requires a study

on the impact of the Korean shipping industry

- Therefore, it is necessary to analyze the ripple effect that Korean shipping companies and relevant industries will have when market-based measures (carbon taxes, ETS) are introduced in the shipping sector.
- The shipping sector has also conducted research related to market-based measures to gear up for the IMO's most stringent environmental regulation in the history of shipping. However, most preceding studies have limited to investigating the trend of discussion by the international community (IMO, EU etc.) relevant to market-based measures as well as policies.
- Although there is no cost effectiveness analysis pertaining to ETS in the Korean shipping industry, the Korea Register has conducted the impact analysis of EU-ETS to the shipping sector. However, the study has a limitation in analyzing the cost increase of the total emissions only targeting EU onshore and offshore shipping companies.
- At present, there has not been any study in Korea that analyzes the impact of cost increase and business performance of domestic shipping companies and the shipping industry following the introduction of carbon taxes and ETS.
- Therefore, this study differentiates itself from other studies as it estimates the cost burden of Korean shipping companies when market-based measures for reducing carbon emission are expanded to the shipping sector, while conducting an empirical analysis on its financial statement and financial

soundness.

- More specifically, preceding studies have concentrated on the estimation of carbon emissions following the adoption of market-based measures. However, the scope of this study has expanded to the estimation of the profitability and the probability of default of Korean shipping companies depending on the amount of carbon emissions per scenario.
- Whereas preceding studies have conducted limited research only targeting several shipping companies instead of the shipping industry of Korea, this study expanded the scope of research targets by investigating overall shipping companies in Korea.
- In particular, this study bears its significance as it applied the Merton model which has been used by the Korea Development Bank to conduct the stress test of the possibility of default of financial institutions resulting from climate change.
- To sum up, this study secured the data of Korean shipping companies from the World Fleet Register of Clarksons based on which carbon emissions were estimated. After setting the price scenarios of carbon taxes and ETS, this study analyzed the cost burden and the impact of financial structures per each price scenario. Moreover, the impact on the financial soundness of shipping companies was also analyzed based on the Merton model following the introduction of market-based measures.

3. Result

1) Summary

(1) International environmental regulations in the shipping sector and the trend of response

- The present status of response for environmental regulations was investigated in the Korean shipping industry. For this purpose, chapter 2 includes international environmental regulations scheduled to be applied in the shipping industry as well as the response trend. Also, it identified responses of major countries and shipping companies following adoption of environmental regulations in the shipping industry.
- In the MEPC 77th session, IMO has revised upward of its target for reducing greenhouse gas (GHG) emissions, aiming to achieve zero emissions in international shipping by 2050, the so called Net Zero.
- While classifying the regulations into short-term measures (EEDI, EEXI, CII etc.) and short-to mid-term measures (GHG levy, Emissions Trading System, GHG Fuel Standard, carbon tax etc.) to reach GHG reduction targets, IMO has continued the discussion on mid-to long-term measures.
- As a mid-term target for achieving the net zero by 2050, the European Commission unveiled the 'Fit for 55' package on the 14th of July, 2021, which is a set of legislative plans to

cut carbon emissions by 55% in 2030 compared with 1990 levels.

- Starting from 2023, the EU ETS will be expanded to international shipping, applying to ships currently under the EU MRV (Regulation (EU) 2015/757).
- Scheduled to be introduced in 2025, the FuelEU Maritime initiative regulates the amount of GHGs produced by GHG intensity of energy used by ships in all European ports. If ships fail to meet the required limits of GHG intensity, penalties will be imposed per type of fuel.
- Thus, the uncertainty and concerns surrounding Korea's shipping industry are growing with the IMO's establishment of the target for carbon neutral and zero carbon by 2050 as well as the discussion result of environmental regulations in accordance with EU 'Fit for 55'.
- Major countries have established agendas to respond environmental regulations in the shipping sector, implementing step-by-step targets and tasks. Global shipping companies have made efforts to achieve the international reduction target of GHGs by concentrating on the development of eco-friendly fuels and eco-friendly ships.
- Supporting the adoption of carbon taxes in the shipping industry at the national level, Japan has suggested stepwise targets and implementation tasks in pursuit of decarbonization in the shipping industry by 2050. While Singapore has formulated a

roadmap for developing an eco-friendly ship program and sustainable energy, Germany has established the 'Maritime Agenda 2050' to respond to environmental regulations by developing hydrogen fuels.

- Maersk Line is suggesting imposing a global tax carbon of \$450 per ton of bunker oil consumed, and actively responding to environmental regulations by, for instance, placing an order for an ammonia-powered ship. Also, CMA CGM has strived to find alternatives to hydrocarbons by joining to the Jupiter 1000 project, which aims to produce eco-friendly hydrogen and committed to the withdrawal from fossil fuel investment.
- Following the IMO's implementation towards GHG reduction, South Korea plans to offer the subsidy for the distribution of eco-friendly ships and conduct education on countermeasures of environmental regulations. HMM has made efforts to reduce GHGs by steadily increasing the number of LNG-propelled ships as well as installing scrubbers as a short-term measure.
- However, most of the domestic responses are short-term measures, falling short of expectation compared to that of foreign countries. In particular, the shipping industry, which is a significant producer of carbon emissions, is expected to witness a decline in operating profit and an increase in the cost of facility investment for carbon reduction when market-based measures are introduced such as carbon taxes and ETS.

-
- Therefore, it is necessary to analyze the increasing cost and change of financial soundness of Korean shipping companies following the adoption of market-based measures, to preemptively respond to international environmental regulations.

(2) Estimation of carbon emissions generated by Korean shipping companies

- Based on the bottom-up approach from IMO GHG studies, chapter 3 estimates the annual fuel consumption and carbon emissions of Korean shipping companies.
 - For the estimation, this study used the ship operation statistics and financial statements of Korean shipping companies as well as standard data per fleet from the IMO 2018 bottom-up approach.
 - Based on the World Fleet Register data from Clarksons, a total of 1,094 vessels from 95 shipping companies in South Korea are estimated to consume 9,211 kilotons of fuel and emit approximately 285 million tons of carbon.
 - By type of vessel, the number of bulk carriers was highest with 309 vessels, emitting approximately 8.02 million tons every year. The annual amount of carbon emissions for containerships was estimated to be 8.07 million tons while 67 oil tankers were estimated to emit 3.57 million tons of carbon.
- As many as the number of vessels, bulk carriers, containerships

and oil tankers account for most of the total fuel consumption and carbon emissions. Although the number of containerships is less than that of bulk carriers and oil tankers, the amount of carbon emissions was found to be much higher.

- Compared to bulk carriers and oil tankers, containerships usually spend longer operation days at sea and have limitations when sailing at low speed due to the importance of punctuality, which has inevitably led to increased fuel consumption.
- Looking at the four listed shipping companies (company A, B, C, D), Company A possesses 55 vessels emitting 4 million tons of carbon annually, while Company B generates 2.67 million tons of carbon with 110 vessels owned. While Company C possesses 39 ships, emitting an annual average of 1.16 million tons, Company D releases 670 thousand tons of carbon emitted from 29 owned vessels.
- Although the number of vessels owned by Company A was only half of that of Company B, the carbon emitted from the Company A ranked the highest. This is attributable to Company A's high proportion of containerships.
- Therefore, it can be said that the features of the fleet owned by a company can serve as an important factor in affecting the total carbon consumption.

(3) The impact of the introduction of MBMs on the cost burden and financial structures of Korean shipping companies

-
- Based on the carbon emissions estimated in chapter 3, chapter 4 calculated the impact on the cost burden and financial statements of Korean companies following the introduction of market-based measures per carbon tax and ETS price scenarios.
 - This study established five carbon tax and ETS price scenarios.
 - The carbon tax scenarios are classified from 32.8 USD to 150 USD per ton of CO₂. Such a range was determined after taking into consideration the carbon tax price currently discussed when the carbon tax was introduced to the shipping industry as well as the carbon tax prices already implemented in other industries.
 - As for the ETS price scenario, the prices are classified ranging from 15.9 USD to 61.07 USD per ton of CO₂. This classification was based on ETS price standards implemented in other industries as well as broadly utilized price scenarios from climate risk scenarios suggested by the Network for Greening the Financial System (NGFS).
 - Looking at the comparison of the burden of cost between carbon tax and ETS, the overall burden of cost resulting from tax carbon to Korean shipping companies was estimated to be a minimum of 1 trillion 70 billion KRW to a maximum of 4 trillion 891.6 billion KRW, whereas the burden of cost following the introduction of ETS was estimated to range from 216.3 billion KRW at a minimum to 830.7 billion KRW

at a maximum.

- In terms of financial statements with increasing cost per scenario, carbon taxes were analyzed to have a higher impact on shipping companies compared to ETS.
- Looking at the results of analysis per listed shipping company, when ETS was introduced, the profitability and financial statement would reduce compared to the benchmark year, but not to the level of minus growth. However, the introduction of carbon taxes will result in minus growth in profitability and financial ratios, particularly in the case of small companies, depending on the price of carbon taxes.
- When the carbon tax is applied, Company A is expected to incur the carbon tax price of 150.1 billion KRW at a minimum to 457.4 billion KRW to the maximum annually. If the ETS is introduced, the carbon tax prices will range from 30.3 billion KRW at a minimum to 116.5 billion KRW to the maximum on an annual basis.
- As for the Company B, the application of carbon taxes will annually result in carbon tax cost of 100.3 billion KRW at a minimum to 458.5 billion KRW at a maximum, whereas the application of ETS will incur the cost of 20.3 billion KRW to 77.9 billion KRW annually.
- In the case of Company C, the application of carbon taxes will annually generate a carbon tax cost of 43.6 billion KRW at a minimum to 199.6 billion KRW at a maximum. However, the application of ETS will incur a cost of 8.9 billion KRW to 33.9

billion KRW annually.

- As for Company D, the application of carbon taxes will incur a carbon tax cost of 41.7 billion KRW at a minimum to 190.6 billion KRW at a maximum, whereas the application of ETS will result in a cost of 5.1 billion KRW to 19.7 billion KRW annually.
- Therefore, the introduction of carbon taxes will incur a much higher cost burden to Korean shipping companies as opposed to the introduction of ETS.
- In the case of carbon taxes, shipping companies are able to reduce the cost burden by adjusting the carbon emissions generated from shipping operations. However, the ETS requires the establishment of a variety of strategies such as trading emission rights other than adjusting carbon emissions. Therefore, shipping companies have more favorable to the introduction of ETS.
- However, the carbon tax rate is fixed but the price of carbon emission rights changes in the ETS. Therefore, it is necessary to foster professional manpower in this field to strategically utilize the system.

(4) The impact of the introduction of MBMs on the financial soundness of Korean shipping companies

- Chapter 5 estimates a change in the financial soundness of shipping companies per carbon tax and ETS price scenario, by applying the Merton model which has been utilized to

analyze the impact of climate change in the financial industry.

- An impact analysis following the introduction of carbon taxes and ETS was conducted by estimating the adjusted EBITDA per price scenario as well as estimating DD and EDF of listed shipping companies per scenario.
- Utilizing FnGuide data for attaining the stock volatility of market capitalization of listed shipping companies, the analysis was targeted for listed shipping companies A, B, C and D.
- This study investigated the result of estimating DD and EDF of 4 listed shipping companies when carbon tax was applied. When Scenario 2 based on the highest carbon tax price (\$150/t) was applied, companies with the least possibility of default were estimated to be in the following order of Company A, D, B and C. When Scenario 5 which is based on the lowest carbon tax price (\$32.8/t) was applied, Company D was analyzed to have the lowest possibility of default followed by Company A, B and C.
- When the highest carbon tax price (\$150/t) was applied, the DD of Company A was 3.0535 while the EDF was 0.0011 showing the lowest possibility of default, followed by Company D with DD of 2.7886 and EDF of 0.0026, while Company B possessed DD of 2.7415 and EDF of 0.0031. Company C presented DD of 2.4722 and EDF of 0.0067 showing the highest possibility of default.

-
- When the lowest carbon tax price (\$32.8/t) was applied, Company D showed the DD of 3.8575 and the EDF of 0.0001, while Company A presented DD of 3.1305 and EDF of 0.0009. Company B exhibited DD of 2.9683 and EDF of 0.0015, while Company C showed DD of 2.7921 and EDF of 0.0026.
 - In the base scenario, Company D which possesses a low volatility in asset value presented the lowest possibility of default while in Scenario 2 with the highest carbon tax price (\$150/t) applied, the possibility of default would become the second lowest followed by Company A.
 - This is as a result of Company D having very low volatility in asset value, much like EBITDA in comparison to other companies. Therefore, the burden of carbon tax has a larger impact on the change of expected profitability as shown in the results of chapter 4.
 - This study also looked into the result of estimating DD and EDF of 4 listed shipping companies when ETS was applied. When Scenario 5 with the highest ETS price (\$61.07/t) was applied, companies with the least possibility of default were estimated to be in the following order of Company D, A, B and C. When the scenario 1 which applied the lowest ETS price (\$15.9/t), Company D was analyzed to have the lowest possibility of default followed by Company A, B and C.
 - When the highest ETS price (\$61.07/t) was applied, DD of Company D was 3.793, while EDF was 0.0001, showing the least possibility of default. Company A presented DD of 3.1259, and

EDF of 0.0009, while Company B showed DD of 2.9546, and EDF of 0.0016. Company C exhibited DD of 2.7728, and EDF of 0.0028, showing the highest possibility of default.

- Meanwhile, when the lowest ETS price (\$15.9/t) was applied, Company D showed the DD of 4.062 and the EDF of 0.00000, while Company A presented DD of 3.1452 and EDF of 0.0008. Company B exhibited DD of 3.0116 and EDF of 0.0013, while Company C showed DD of 2.8533 and EDF of 0.0022.
- From the analysis results of chapter 4, Company D, which was considered small in size, was analyzed to have the biggest impact when ETS was introduced. However, the possibility of default of Company D was estimated to be the lowest in the analysis of financial soundness with the Merton model applied.
- In the DD estimation, the asset value and the asset value volatility were estimated through the market value (market capitalization) of equity as well as stock volatility based on an option model. Since Company D has an extremely lower estimated volatility in asset value than other companies, it was analyzed that DD was the highest while EDF was the lowest.

2) Expected benefits

- This study systematically organized methods of analyzing the

impact of the introduction of market-based measures on the Korean shipping industry depending on scenarios, laying a solid foundation for relevant studies.

- By analyzing potential changes in cost burden and financial soundness of shipping companies to be expected when carbon taxes and ETS are introduced, this study contributes to establishing a direction for relevant governmental policies.
- The necessity for expanding the support for the development and construction of eco-friendly ships was suggested in order to boost the competitiveness of national flag carriers.
- Since international environmental regulations are a global task that the world continues to work on by 2050, this study proposes that the project underway for subsidizing the conversion of eco-friendly ships be expanded in the long-term.
- From a long-term perspective, a variety of measures should be devised to expand the participation of private investors into shipping finance to enable more stable conversion of eco-friendly ships.
- This study proposes the necessity to review the measure to expand existing ship investment-related tax benefits when an eco-friendly ship is constructed.
- It is necessary to review a plan in which relevant parties such

as the government and shippers share the cost burden resulting from environmental regulations in the shipping sector at the government level.

01

서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

국제해사기구(IMO: International Maritime Organization) 산하 해양 환경보호위원회(MEPC: Marine Environment Protection Committee)의 제77차 회의에서 IMO가 수립한 온실가스(GHG: Green House Gas) 배출 초기감축 목표를 상향하여 2050년까지 국제 해운 배출량을 제로로 설정하는 탄소중립 논의가 이루어졌다. MEPC는 선박온실가스감축 규제를 단기조치와 중장기조치로 설정하고 더 강력한 조치로 온실가스 감축 목표를 달성하고자 하는 방안을 마련하고 있다. 그중 중장기조치로는 해운산업에 온실가스 분담금 제도(GHG Levy), 배출권거래제도(Cap-and-Trade), 온실가스 연료표준제도(GHG Fuel Standard)를 도입하여 적용하는 방안을 논의 중이다. 중장기조치 중 시장기반조치(MBM: Market Based Measures)는 온실가스 분담금 제도(GHG Levy), 배출권거래제도(Cap-and-Trade)이며, 온실가스 연료표준제도(GHG Fuel Standard)는 기술적 조치이다.¹⁾

온실가스 분담금 제도는 선박의 온실가스 배출량당 일정 금액의 분담금을 납부하는 방식으로, 적절한 금액이 얼마인지는 아직 논의되지 않았다. 그러나 이 조치를 제안하는 마셜아일랜드와 솔로몬아일랜드는 최초 시행 시 온실가스 배출량당 100달러부터 시작해서 매년 또는 5년마다 분담금을 높이자고 주장하고 있다. 배출권거래제도는 국제 해운 전체가 배출할 수 있는 배출 총량을 설정한 후 선박, 선사별로 총량에서 일부분을 할당받고, 할당량에서 매년 상향된 감축률이 적용되는 방식이다. 배출권거래제도는 EU-ETS와 유사하므로 EU-ETS가 국제 해운 전체로 적용될 가능성도 있다. 온실가스 연료표준제도는 선박연료 단위 에너지당 전 과정에서의 온실가스 배출량을 제한하는 제도이다.²⁾

한편 IMO MEPC 제76차 회의에서 국제해운회의소(ICS: International Chamber of Shipping)는 IMO에 탄소제로(Zero-Carbon) 기술 및 무탄소 연료를 채택하는 데 들어가는 비용을 조달하기 위해 탄소세 부과 방안을 제출했으나, 77차 회의에서는 구체적으로 논의되지 않았다.³⁾ ICS가 제안한 탄소세는 전 세계 총톤수 5,000톤 이상의 모든 선박에 적용되며 이산화탄소 톤당 일정 금액을 부과하는 것으로, 탄소세 수준 등 구체적인 내용은 아직 정해지지 않았다. ICS는 유럽연합처럼 국가나 권역별로 탄소배출권거래제를 적용하기보다는 전 세계적으로 단일화된 요율로 탄소 배출량에 따른 부담금을 부과하는 시장기반조치를 취해야 한다고 주장하고 있다.

또한 2021년 7월 14일 유럽연합(EU: European Union) 집행위원회는 2050년 탄소중립 실현을 위한 중간 목표로, 2030년까지 탄소배출량을 1990년 대비 55% 감축하기 위한 입법안 패키지(Fit for 55)를 발표했다.⁴⁾ ‘Fit for 55’의 주요 실행 계획은 온실가스배출권거래제(ETS: Emission

1) 해양한국(2021.12.30.)(검색일: 2022.6.24.)

2) 해양한국(2021.12.30.)(검색일: 2022.6.24.)

3) International Chamber of Shipping(2021.9.6.)(검색일: 2022.4.19.)

4) BAHF(2021.7.15.)(검색일: 2022.5.12.)

Trading System) 개혁, FuelEU Maritime 도입, 에너지 세제 지침(ETD: Energy Taxation Directive) 개정 등이 포함되며 해운 부문에도 도입될 예정이다.

먼저, ETS 개혁의 주요 내용은 2023년부터 국제 해운 부문 EU-ETS를 확대할 계획이며, EU MRV(Monitoring, Reporting, and Verification) (Regulation (EU) 2015/757) 적용 대상 선박⁵⁾에 적용할 예정이다. 규제 대상 배출량 산정기준은 국적에 상관없이 EU역내(EU간 또는 EU정박) 항차 배출량의 100%, EU역외(EU 출발 또는 도착) 항차 배출량의 50%로 한다. 둘째, FuelEU Maritime은 유럽의 모든 항구에서 선박이 사용하는 에너지의 온실가스 총량을 규제하는 제도로 국제 해운의 연료혼합(Fuel Mix)에 재생가능 및 저탄소 연료 비율을 증가시키는 것을 목적으로 한다. 2025년부터 FuelEU Maritime 적용 대상 선박은 2020년 기준값을 토대로 다음과 같이 연도별 WtW⁶⁾ 감축 목표치에 따른 온실가스 집약도 제한기준을 만족하여야 한다. 온실가스 집약도 제한기준을 만족시키지 못할 경우 각 연료 종류별로 벌금을 납부해야 한다. ETD 개정의 주요 내용은 연료 및 전기의 에너지 함량과 환경적 성능을 기반으로 특정 연료 및 선박에 대한 최소 세율을 도입한다는 것이다.⁷⁾

더불어 글로벌 선사도 국제 해운업의 탄소중립 동향에 발맞추어 탄소세 부과에 앞장서고 있다. 덴마크 해운기업인 머스크(Maersk)는 화석연료 1톤당 150달러의 탄소세를 부과해야 한다고 주장하고 있으며⁸⁾, 스위스 해운기업인 MSC(Mediterranean Shipping Company)는 탄소세를 활용한 탈탄소화 글로벌 R&D 기금 조성을 주장하고 있다.⁹⁾

5) EU에 상업적 목적을 위해 승객 또는 화물을 운송하는 총 톤수 5,000톤 이상의 선박

6) WtW(Well-to-Wake)는 에너지 생산, 이송, 분배 및 사용까지 전과정에 대한 온실가스 영향을 고려한 배출량을 의미

7) BAH(2021.7.15.)(검색일: 2022.5.12.)

8) Ship & Bunker(2021.6.3.)(검색일: 2022.8.8.)

이처럼 IMO의 2050년 탄소중립·탄소제로 목표 설정과 EU ‘Fit for 55’에 따른 환경 규제조치 논의 결과에 따라 우리나라 해운업계의 불확실성과 우려가 높아지고 있다.

EU의 선도적인 규제는 IMO의 국제협약에 상당한 영향을 미칠 것이며 EU-ETS 및 FuelEU Maritime도 EU 차원의 규제에 그치지 않을 것으로 예상된다. 특히 탄소세나 ETS 등 시장기반조치 도입 시 탄소배출량이 많은 해운산업을 중심으로 영업이익률 하락, 온실가스 감축을 위한 설비투자 비용 증가 등이 예상된다. 그러나 현재 우리나라의 경우 탄소세 혹은 ETS 도입에 따른 국내 해운기업 및 해운산업에 미치는 비용 증가 효과와 이에 따른 파급효과를 분석한 연구가 없는 실정이다. 따라서 해운 부문에 시장기반조치(탄소세, ETS)가 도입될 경우 우리나라 해운기업 및 산업에 미치는 파급효과를 분석할 필요가 있다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 첫째, IMO의 시장기반조치와 EU의 ‘Fit for 55’에서 논의중인 탄소세와 배출권거래제를 중심으로 해운 부문 국제 환경 규제 논의 동향을 살펴보고 주요국 및 글로벌 선사의 대응 방향과 계획을 살펴보는 것이다. 둘째, 시장기반조치(탄소세, 탄소배출권거래제) 시행 시 우리나라 해운기업의 비용 증가 효과와 이에 따른 선사의 경영성과 및 재무 건전성에 미치는 파급효과를 분석하는 것이다. 셋째, 시장기반조치 도입 시나리오에 따른 우리나라 해운산업에 미치는 효과 분석 방법을 체계화하고 향후 관련 정부 정책 방향 설정에 기여하는 것이다.

9) Ship & Bunker(2021.6.4.)(검색일: 2022.8.8.)

제2절 연구 범위와 방법

1. 연구 범위

본 연구는 모두 5장으로 구성되어 있다. 제1장 서론에서는 IMO 시장기반조치와 이와 관련된 해운시장의 논의 배경, 연구 목적, 연구 범위와 방법에 대해 서술한다. 그리고 본 연구의 주요 주제인 시장기반조치 중 탄소세와 탄소배출권거래제에 관련된 주요 연구내용을 중심으로 선행연구를 검토하고 차별성을 제시한다. 또한 본 연구의 재무건전성 분석을 위해 활용한 Merton 모형의 이론적 배경과 선행연구를 검토하고 본 연구의 차별성을 제시한다.

제2장에서는 해운 부문 국제 환경 규제 논의 동향과 전망을 파악하고 주요국 및 해외 주요선사의 대응 동향을 살펴본다. IMO 시장기반조치(MBM)와 EU의 'Fit for 55'에서 논의중인 탄소세와 배출권거래제(ETS)를 중심으로 논의 동향을 살펴보고 IMO 환경 규제와 EU 환경 규제 차이점과 공통점을 제시한다. 주요국 및 해외 주요선사의 대응동향을 파악해 우리나라 해운 부문에 적용 시 시사점을 도출한다.

제3장에서는 제4차 IMO GHG 연구에서 사용된 상향식(Bottom-up) 방법을 활용하여 우리나라 해운기업의 연료소모량과 탄소배출량을 추정한다. 클락슨 WFR에서 추출한 우리나라 해운기업 운항선박 통계를 토대로 기업별 연간 연료소모량과 탄소배출량 추정 결과를 제시한다.

제4장에서는 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향을 분석한다. 먼저, 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 우리나라 해운기업 전체 및 상장 해운기업 5개사의 비용부담액을 추정한다.

제5장에서는 우리나라 해운기업 재무현황 자료를 기초로 금융기관의 재무건전성을 상시적으로 파악하기 위해 주요국의 금융감독기관에서 활용하고 있는 Merton 모형을 통해 각 규제 도입 시나리오에 따른 상장 해운기업 부실에 미치는 영향을 분석한다.

제6장 연구결과 요약 및 향후과제에서는 IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향 연구에 대한 전반적인 내용과 연구 결과를 요약하고, 본 연구의 결과가 좀 더 학술적으로 유의미하게 발전될 수 있도록 향후 과제를 제시한다. 또한 본 연구가 제시한 우리나라 해운기업의 탄소배출량 추정 결과 활용방안과 정책과제를 제시함으로써 우리나라 해운산업의 경쟁력을 제고하기 위한 기여점을 제시한다.

〈표 1-1〉 본 연구의 범위와 분석 방법

구분	연구 범위	분석 방법
제1장	서론 - 연구 배경 및 목적 - 연구 범위와 방법 - 선행연구와 본 연구의 차별성 검토	선행연구 고찰
제2장	해운 부문 국제 환경 규제와 대응 - 국제환경 규제 - 주요국 및 해외 주요선사 대응동향	1. 문헌연구 2. 정성적 분석
제3장	우리나라 해운기업의 탄소배출량 추정 - 분석개요와 기초자료 - 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정 - 연료소모량과 탄소배출량 산정 방법 - 우리나라 해운기업 연료소모량 추정 - 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정	1. 문헌연구 2. 실증분석 - 통계분석 - 재무분석
제4장	시장기반조치 도입에 따른 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조 영향 - 분석개요와 기초자료 - 탄소세 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 영향 - 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 영향	1. 문헌연구 2. 실증분석 - 시나리오 분석 - 재무분석
제5장	시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향 - 분석 방법론, 분석 범위와 자료 - 분석 결과 - 탄소세 영향 분석 결과 - 탄소배출권거래제 영향 분석 결과	1. 문헌연구 2. 실증분석 - 시나리오 분석 - 재무분석 - Merton 모형
제6장	연구결과 요약 및 향후과제 - 연구결과 요약 - 향후 과제	1. 문헌연구 2. 연구진/전문가 브레인 스토밍

자료: 저자 작성

2. 연구 방법

연구 방법은 크게 문헌연구와 통계분석 그리고 실증분석으로 나뉜다. 먼저 문헌연구는 1장 선행연구 분석으로 기존의 연구와 본 연구의 차별성을 제시한다. 구체적으로 탄소세, 탄소배출권거래제에 대한 선행연구와 재무건전성 분석을 위한 Merton 모형에 대한 선행연구를 구분하여 분석하고 본 연구 전반에 걸친 차별성을 제시한다. 2장에서는 해운 부문 국제 환경 규제와 대응 동향을 살펴보고 시사점을 제시하기 위해 문헌연구를 중심으로 하며 국제환경 규제 및 해운 부문 환경 규제 관련 전문가 자문회의를 통해 최신 동향과 사례를 검토하고 문제점을 파악한다.

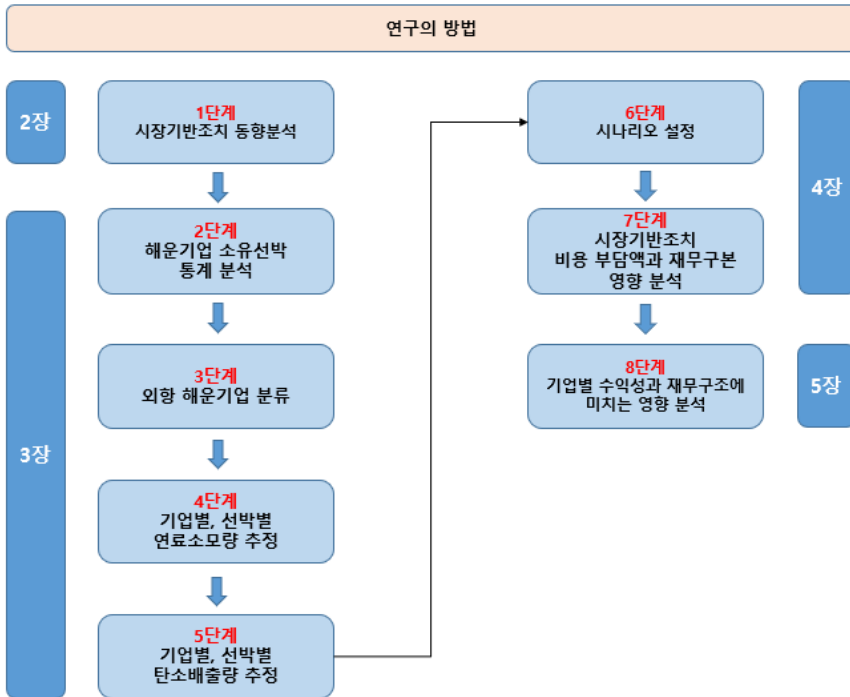
다음으로 제3장에서는 우리나라 해운기업의 선박별 탄소배출량을 추정하기 위해 문헌연구를 통해 가장 보편적으로 활용할 수 있는 IMO의 방법론을 채택한다. 그리고 클락슨 WFR의 통계자료에서 추출한 우리나라 해운기업의 소유선박 통계와 실제 우리나라에서 운영 중인 기업을 매칭하고 각 기업별, 선박별 연료소모량과 탄소배출량 추정을 위해 통계분석을 수행한다.

제4장 시장기반조치 도입에 따른 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조 영향 분석을 위해 3장에서 추정된 우리나라 해운기업별 탄소배출량 통계를 활용하여 시장기반조치(탄소세, 탄소배출권거래제) 도입 시나리오에 따른 수익성과 재무구조에 미치는 영향을 분석한다. 이를 위해 회계·재무학적 통계분석을 수행한다. 또한 시나리오는 문헌조사로 탄소세와 탄소배출권거래제 논의 동향, 실제 도입사례를 참고하여 설정한다.

제5장 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건정성에 미치는 영향 분석은 Merton 모형을 활용한 실증분석을 거쳐 탄소세와 탄소배출권거래제 도입 시나리오에 따른 우리나라 해운기업의 재무건정성의 변화를 살펴본다.

종합적으로 정리하면 2장에서는 해운 부문 탄소세와 탄소배출권거래제의 동향을 살펴보고 문제를 제기한다. 3장에서는 각 제도 도입에 따른 해운기업별 선박별 탄소배출량을 추정한다. 4장에서는 3장에서 추정된 탄소배출량을 토대로 우리나라 해운기업의 수익성과 재무구조에 미치는 영향을 분석한다. 마지막 5장에서는 4장에서 추정된 탄소세와 탄소배출권거래제 도입 시나리오별 비용 부담이 발생할 경우 우리나라 상장 해운기업의 재무건전성에 어떤 영향을 미치는지를 분석한다.

〈그림 1-1〉 연구 방법과 절차



주: 단계별 구체적인 연구 방법과 절차는 각 장에 설명되어 있음
자료: 저자 작성

제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 검토

1. 탄소세 관련 선행연구

해외에서는 탄소세 및 탄소배출권거래제의 특징과 정책 등을 분석한 연구가 주로 이루어지고 있으며, 최근에는 정기선 선사를 대상으로 선사의 용선 및 운영에 미치는 영향과 관련된 연구가 진행된 바 있다. 지금까지 탄소세와 관련하여 포괄적인 정책이 널리 사용되거나 많은 국가에 도입되지 않은 것은 탄소배출 감소 메커니즘과 잠재적 영향이 많은 요인의 영향을 받고 있으며¹⁰⁾, 원유가격 상승이 대체재인 탄소 가격에 영향을 주기 때문이다.¹¹⁾

탄소세 불확실성에 대한 연구와 관련하여 Avi-Yonah, Reuven, & David (2009)는 일단 세금이 부과되면 세금 인상 반대에도 불구하고 일반적으로 세율을 인상하는 것이 그리 어렵지 않다고 주장한다. 그리고 Ramseur & Parker(2009, March)는 정책 입법자가 단기 배출량 변동을 산출하는 세금 제도를 고안할 수 있으나 탄소세의 단점 중 하나가 불확실한 배출량을 산출하는 것이라고 주장하고 있다.

시장기반조치와 관련하여 He, Wang & Wang(2012)은 탄소세와 탄소배출권거래제를 비교하여 상대적 장·단점이 있으므로 두 조치 모두 상황에 따라 도입 가능하다고 주장했으며, ICS(2009)는 시장기반조치 유형과 관계없이 해상운송 부문이 탄소배출권의 장기적 구매자가 될 것이라고 예측하고 있다.

Kim, Kim, & Lee (2013)은 탄소세 배출 저감을 촉진할 수 있는 시장

10) Strand(2013)

11) Hammoudeh, Nguyen, & Sousa(2014)

기반조치에 초점을 맞춘 사례 연구에서 탄소세가 선대규모 및 속도에 따라 달라지는 탄소배출권보다 더 효율적인 탄소중립 방안임을 주장한다.

탄소세가 선대계획 전략 및 탄소 저감에 미치는 영향을 조사하고자 지난 10년간 다양한 모델이 개발되었으며 불확실한 요인을 효과적으로 관리하기 위해 Bakkehaug et al.(2014), Yu(2010) 등은 SP(Stochastic Programming) 모델, Meng & Wang(2010)은 chance constraint programming model을 활용하여 분석했다.

특히 Zhu, Chen, & Kristal(2018)은 SP(Stochastic Programming) 모델과 PI(Perfect Information) 모델을 활용하여 탄소세 도입이 정기선 해운기업의 용선 및 운영에 미치는 영향을 분석했다. 특히 이들은 탄소세 리스크 정도별 시나리오를 제시하고 탄소세 부과 수준에 따른 정기선 해운기업의 최적 대응 방안을 제시했다. 분석은 정기선 해운기업의 경우 탄소세 리스크가 높을 때 더 많은 선박을 용선하는 경향이 있음을 드러냈으며, 탄소세 도입이 탄소중립에 효과가 있으나 해운기업에게 큰 비용부담을 안겨주므로 적절한 수준의 탄소세를 설정해야 한다고 평가했다.

국내에서 해운산업에 탄소세 도입에 관련된 연구는 아직까지 많이 이루어지지 않고 있다. 박성화·한철환·김태일(2020)은 IMO 황산화물 배출규제 관련 저유황유 사용에 따른 우리나라 선사들의 원가 부담을 예측함으로써 글로벌 환경 규제가 해운시장에 미치는 영향을 분석했다. 한능호·김민재(2020)는 IMO가 제시한 온실가스 감축 전략 및 이를 달성하기 위한 새로운 기술, 대체연료의 도입 그리고 각 해운선사의 탈탄소화 전략 등을 살펴보고 시사점을 제시했다.

2. 탄소배출권거래제 관련 선행연구

해외 탄소배출권거래제 관련 연구는 배출권거래제 도입이 해운산업에 미치는 영향을 중심으로 이루어졌으며 최근에는 시나리오 기반의 경제적 영향 평가 모델을 사용하여 유럽경제지역(EEA: European Economic Area) 내 온실가스 배출량을 분석하고 해운산업에 미치는 직접적인 경제적 영향을 분석한 연구가 이루어진 바 있다.

탄소배출권거래제의 해운산업 확대에 관련한 연구와 관련하여 Shi(2016)와 Miola, Marra, & Ciuffo(2011)은 ETS 범위에 해운산업을 포함하는 것이 IMO와 유엔기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)이 추구하는 지속가능성 가치에 부합하며 ETS 수익금을 개발도상국에 전달함으로써 탄소중립에 앞장설 수 있다고 주장했다.

Kågeson et al.(2008), Hermeling et al.(2015), Faber et al.(2009)은 해운산업에 ETS 적용 시 지리적 범위가 중요하다는 연구를 진행했다. Kågeson et al.(2008)은 EU-ETS를 해운산업에 적용하기 위해서는 해운산업의 특성을 고려하여 지리적 범위와 배출허용량 할당 방법을 정해야 한다고 주장하며, Hermeling et al.(2015) 역시 GHG 절감을 위한 EU-ETS 지리적 범위의 중요성을 강조했다. Faber et al.(2009)은 ETS 효율성을 높이려면 EU역내·외 모든 배출을 ETS 범위에 포함시켜야 하며 특히 원양해운 부문(컨테이너, 유조선, 벌크선 등)에서 지리적 범위가 중요한 매개변수로 작용한다는 결론을 도출했다.

Wang, Fu, & Luo(2015)과 Miola et al(2011)은 해운산업에 ETS 도입은 해운산업의 특성상 산업 부문별로 차등 영향을 미친다는 연구를 진행했다. 이들은 배출허용량의 자유할당에 대한 균일한 기준이 도입되는 경우 에너지 효율이 낮은 부문(RoRo, RoPax)은 선호되는 벌크 운송과 대조적으로

불이익을 받게 되기 때문에, 각 부문에 대해 차별화된 ETS 벤치마크를 설정해야 한다고 주장한다.

특히 Christodoulou et al.(2021)는 MRV(Monitoring, Reporting, Verification) 데이터를 활용해 EU-ETS가 해운산업에 미치는 직접적인 경제적 영향을 분석했다. 구체적으로 다양한 가격 인센티브, 지리적 범위, 온실가스 배출허용량 할당 방법 등의 변수를 포함하는 시나리오 기반의 경제적 영향 평가 모델을 사용하여 유럽경제지역(EEA)내 온실가스 배출량을 분석했다. 또한 민감도 분석을 통해 가격 인센티브, 시스템의 지리적 범위(독립변수)가 해운산업의 직접 비용(종속변수)에 미치는 영향을 평가했다.

한편 국내 탄소배출권거래제와 관련해서 국제사회의 탄소배출권거래제 관련 동향을 파악하고 법률, 금융, 정책 등 다양한 부문에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어지고 있다.

추봉성·박홍균(2013)은 탄소배출권거래제를 선사와 탄소시장을 중심의 옵션계약형태(콜옵션, 풋옵션)로 모형화하고 탄소배출권 거래를 위한 옵션계약모형을 설정한 후 해운기업의 공급관점에서 기대수익을 최대화할 수 있는 최적해로서 옵션가격과 옵션량을 제시했다.

김상만(2019)은 국제 해운 부문에서의 온실가스 배출 규제에 영향력이 큰 국제기구인 국제연합(UN), 국제해사기구(IMO), 유럽연합(EU)의 규제 동향을 분석했으며, 김진형(2021)은 EU의 새로운 규제 중 국제 해운에 적용되는 내용을 살펴보고 시사점을 제시했다.

육상분야의 선행사례를 해운산업에 적용한 연구로는 김진형·천강우·이정엽(2014)이 있다. 이 연구는 육상분야의 선행사례를 조사하여 선박 에너지효율을 개선하는 국제 해운 연료사용량 모니터링을 위한 산정등급 접근법의 적용 방안을 도출했다. 그리고 김진형 외(2019)는 육상분야에서 시행

되고 있는 배출권거래제 사례를 조사하여 선박 배출권거래제 도입의 전망과 파급영향 등을 검토했다.

이현균(2021)은 우리나라 해운기업의 실무 대응 방안을 중심으로 용선계약, 보험계약, 운송계약 등 탄소배출과 관련한 법률 문제를 분석했다.

손인성·김동구(2021)는 EU ETS 4기의 주요 제도 설계를 배출허용총량(Cap), 배출권 무상할당방식, 유·무상할당업종 선정 방식, 시장안정화 조치, 감축지원제도 등을 중심으로 분석했다.

3. Merton 모형 관련 선행연구

기업의 자산을 유럽식 콜옵션으로 특성화하여 기업의 신용위험을 평가하는 모형은 Merton(1974)에 의해 처음으로 제시되었다. Merton 모형은 회사 자산에 대한 파생상품으로 주식과 회사채를 평가하는 기본적인 접근 방식을 채택했으며, 기업의 자본을 자산에 대한 콜옵션으로 보는 채무 불이행 예측을 위한 구조적 모델로 사용된다.¹²⁾ Merton 모형에서는 기업이 미래에 만기가 도래할 일정 금액의 무이표채(Zero-Coupon Debt)를 가지고 있다고 가정한다.¹³⁾ 이후, Merton 모형보다 복잡한 모형이 개발되었고 많은 연구들이 기존 Merton 모형과 비교한 연구가 지금까지 진행되어 왔다.

Duffie, Saita, & Wang(2007)은 금리와 과거 주식 수익률, 시장수익률과 같은 거시경제 변수가 Merton 모형의 부도거리(Distance to Default)를 통제한 후에도 부도예측 능력이 있다는 것을 보여주었다. Hillegeist et al.(2004)의 연구에서는 Altman의 Z-Score와 Ohlson의 O-score를 Merton 모형의 예측력과 비교했으며 그 결과 Merton 모형이 더 우수하다

12) Afik, Arad, & Galil(2016)

13) ÖZARI(2017)

고 제시했다. Bharath & Shumway(2008)은 Moody's-KMV모형을 기반으로 한 복잡한 모형보다 Merton 모형의 기본모형이 더 뛰어난 결과를 제시하는 것을 보여주었다. Afik, Arad, & Galil(2016)은 연구를 통해서 Merton 모형의 단순화된 방법이 다른 복잡한 방법에 비해서 우수한 모델 파워를 가지고 있어 단순한 기존 모형을 사용하는 것을 제시했다. 이처럼 신용위험을 평가하기 위해 다양한 개선 및 대체 모델이 개발되었음에도 불구하고, 발표된 지 50년이 다 돼가는 Merton 모형이 여전히 실무자나 학계에서 광범위하게 사용되고 있다.

Merton 모형은 학술적인 용도뿐만 아니라 실무에서의 적용을 위해서도 연구가 진행 중이다. 특히 최근 기후변화 또는 탄소세 적용에 따른 기업의 재무적 안정성 분석에 Merton 모형이 활용되고 있다.¹⁴⁾

Capasso, Gianfrate, & Spinelli(2020)은 기후 변화와 기업 신용 위험 간의 관계를 분석한 결과 기업 부도까지의 거리가 기업의 탄소 배출량 및 탄소 집약도와 음의 관련이 있다고 밝혔다. 즉 기타 조건이 일정하다면 (*ceteris paribus*) 탄소 배출량이 많은 기업은 시장에서 채무 불이행 가능성이 더 높은 것으로 인식된다. 전반적으로 이러한 결과는 기후 위험에 대한 노출이 기업의 대출 및 채권의 신용도에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 이에 따라 금융 규제 기관과 정책 입안자는 기후 변화 위험이 대출 중개자와 회사채 시장의 안정성에 미치는 영향을 신중하게 고려해야 한다고 주장한다.

Reinders et al.(2020)은 산업 수준에서 보다 다루기 쉬운 금융(평가) 접근 방식인 Merton 불확정 클레임 모델(Merton contingent claims model)을 사용하여 탄소세 충격이 기업 부채 및 주거용 모기지의 시장 가

14) Battiston et al.(2017), Li, Wang, & Liu(2022), Reinders, Schoenmaker, & Van Dijk(2020), Naim & Condamin(2021), Capasso, Gianfrate, & Spinelli(2020)

치에 미치는 영향을 평가하였다. 이 연구는 네덜란드 은행 부문에 대한 상세한 독점 데이터를 사용하여 모델을 구성하였다. 연구 결과, 탄소세 톤당 100~200유로가 부과되는 경우 어떠한 정책을 선택하는가에 따라 핵심 자본의 4~63%에 해당하는 은행 자산의 시장 가치가 감소할 수 있다고 나타났다.

Battiston et al(2017)은 금융 의존성에 대한 네트워크 접근 방식을 채택하여 기후 정책 위험이 금융 시스템을 통해 전파되는 방식을 살펴보았다. 이 연구는 네트워크 기반 기후 스트레스 테스트 방법론(Network-Based Climate Stress-Test Methodology)을 개발하고 '녹색' 및 '갈색' 시나리오를 대규모 유로 지역 은행에 적용했다. 기후 정책 관련 부문에 대한 직·간접적 노출이 이루어지고 있으며, 특히 투자 및 연기금의 경우 투자자 자본 포트폴리오에서 큰 부분을 차지한다고 강조했다. 연구는 기후 정책에 있어 타이밍이 중요함을 결과로 드러내고, 초기의 안정적인 정책 프레임워크는 원활한 자산 가치 조정을 허용하나 이와 대조적으로 시간이 지연되고 갑작스러운 정책 프레임워크는 시스템에 부정적인 결과를 초래할 수 있다고 주장했다

Deloitte에서는 기후 위험이 대출자 신용도에 미치는 영향을 더 잘 평가하기 위해 은행은 탄소배출량, 탄소 강도, 전환위험/탈탄소 관리 전략 및 공급망 노출과 같은 추가적인 데이터가 필요하다고 제시했다. 이때 Merton의 부도위험거리 모형을 사용하여 부도사건을 예측할 수 있으며, 해당 기업의 미래 현금 흐름에 대한 투자자들 또한 예측할 수 있다.¹⁵⁾

주요 정책기관에서도 Merton 모형을 활용하여 기후변화에 따른 영향력을 분석하고 있다. 금융 부문에서는 기후변화에 따른 금융 부문 영향을 파악하기 위해 기후위기 스트레스 테스트가 각국의 중앙은행을 중심으로 이

15) Deloitte(2021.12.10.)(검색일: 2022.10.4.)

루어지고 있다. 한국은행(2018) 보고서에 따르면 기후리스크는 기후변화와 관련된 일련의 리스크를 통칭하는 용어로, 이행리스크와 물리적리스크로 구분할 수 있고 두 리스크는 각각 다른 경로를 통하여 금융시장에 영향을 미칠 수 있다고 주장하고 있다.

탄소세와 관련 있는 이행리스크에 대한 스트레스 테스트는 바젤은행감독위원회(BCBS: Basel Committee on Banking Supervision)에서 권고안¹⁶⁾을 제시하고 있다. 우리나라는 권고안을 바탕으로 산업은행에서 Merton 모형을 토대로 스트레스 테스트 모형을 구축하고 있다. 유럽중앙은행(ECB: European Central Bank) 역시 기후위기에 따른 재무적 안정성 평가를 위해 Merton 모형을 포함하여 스트레스 테스트 모형을 구축하고 있다.¹⁷⁾

한편 2017년 6월 금융안정위원회(FSB: Financial Stability Board)가 기후관련 재무정보공개 태스크포스(TCFD: Task Force on Climate-related Financial Disclosures) 권고안을 발표한 이후, 많은 국제기구들이 녹색금융을 제도화, 규제화함에 따라 녹색금융은 더이상 선택의 문제가 아니라 의무화, 존립의 문제로 등장하고 있다.¹⁸⁾ TCFD 권고사항은 ① 거버넌스, ② 전략, ③ 리스크 관리, ④ 메트릭스와 목표를 4가지 핵심요소로 제시하였고, 특히 전략요소를 위해서는 미래 시나리오 기반의 리스크 및 기회 평가가 필요함을 강조하였다.¹⁹⁾

이후 2018년 초 유럽연합 금융안정국, 2020년 1월 국제결제은행(BIS), 2020년 5월 금융시스템녹색화네트워크(NGFS: Network for Greening Financial System) 등이 기후리스크를 관리하도록 촉구하고, 가이드를 발표하였다.²⁰⁾

16) Basel Committee Banking Supervision(2021)

17) European Central Bank(2021)

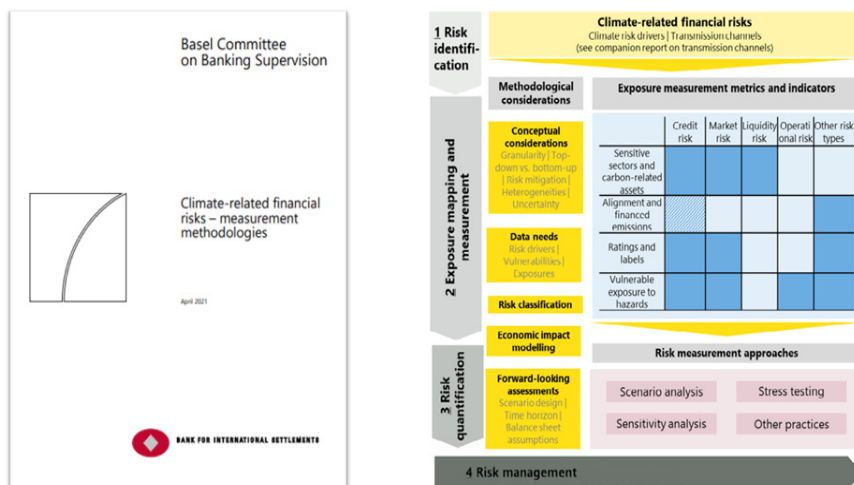
18) 박재하·임대웅(2022), p. 24.

19) 박재하·임대웅(2022), p. 9.

20) 박재하·임대웅(2022), p. 24.

특히 2021년 4월 바젤 은행감독위원회(BCBS: Basel Committee for Banking Supervision)는 기후재무리스크 측정방법론을 발표하였으며, 은행과 금융감독기관이 활용할 수 있는 기후관련 재무리스크의 측정과 방법론 관련 프레임워크를 발간하였다. 프레임워크의 구조는 ① 리스크의 파악, ② 익스포저 맵핑과 측정, ③ 리스크 정량화, ④ 리스크 관리 등으로 나뉜다.²¹⁾

〈그림 1-2〉 바젤 은행감독위원회의 기후재무리스크 측정방법론



자료 : 박재하·임대웅(2022), p. 9.

그러나 이러한 Merton 모형을 활용한 연구는 주로 금융기관을 위주로 연구가 되어왔으며 해운산업을 대상으로 진행된 연구는 아직 미흡한 상황이다. Alizadeh & Nomikos(2009)는 Merton 모형을 해운산업의 부도확률 추정에 적용하기 위해 총 시장가치가 1억 2천만 달러이고 만기가 1년 남은 1억 달러짜리 1척을 가진 단일 선박운송회사를 예시로 들어 설명했다. Langdalen & Johansen(2016)의 연구에서는 노르웨이 회사채에 대한 신용

21) 박재하·임대웅(2022), p. 13.

리스크를 Merton 모형을 활용하여 분석하였다. 2003년부터 2014년까지 노르웨이에서 상장된 회사채 252개를 대상으로 연구를 진행했으며 업종별로 크게 금융, 해운 및 오일산업, 유틸리티, 기타 4개로 구분했다. 해운과 관련된 기업으로는 Stolt-Nielsen, Solstad Offshore, Prosafe, Odfjell A가 포함되어 있다.

이지언(2019)은 Merton 모형을 활용하여 기업부채 리스크를 측정하고 은행 대출 건전성을 분석하였다. 개별 기업 대출 포트폴리오 자료는 구하기 어려운 상황으로 금융통계정보시스템 FISIS에서 제공하는 업종별 대출 포트폴리오 자료를 활용했다. 그러나 해당 데이터는 업종별로 구분되어 있기 때문에 구체적으로 해운기업의 리스크를 측정하지는 못하고 운수업(해상운송, 항공운송, 육상운송 등)으로 구분하여 분석하였다.

4. 본 연구의 차별성

해운 역사상 IMO의 가장 강력한 환경 규제에 대비하고자 해운 분야에서 시장기반조치와 관련된 연구가 이루어지고 있으나, 대부분의 선행연구는 시장기반조치 관련 국제사회(IMO, EU 등)의 논의 동향, 정책 등을 한정적으로 다루고 있다.

IMO가 탄소세를 국제 해운 운송에 확대 적용할 경우 국내 해운기업의 경영성과에 미치는 영향을 분석하는 연구는 아직까지 전무한 실정이다. 국내 해운산업 ETS 관련하여 비용효과를 분석한 연구가 없으나, 한국선급에서 해운 분야 EU-ETS 영향을 분석한 자료는 있다. 그러나 이 분석은 EU 역내·외 선사에 한정하여 배출 총량에 대한 비용 증가분만을 분석했다는 데 한계가 있다.

본 연구는 탄소배출량 감축을 위한 시장기반조치를 해운산업까지 확대할 경우 우리나라 해운기업이 부담해야 할 추가비용을 추정하고 재무성과 및 재무건전성에 미치는 영향을 실증적으로 분석한다는 데에서 차별성을 가진다. 구체적으로 선행연구는 시장기반조치에 따른 선사의 탄소배출량 추정에 집중한 반면 본 연구는 시나리오별 탄소배출량에 따른 우리나라 해운기업의 수익성과 부도확률을 추정하는 데까지 연구 범위를 확장한다. 특히 산업은행에서 최근 기후위기에 따른 금융기관의 부도확률 스트레스 테스트를 위해 사용하고 있는 Merton 모형을 해운 부문에 최초로 적용한다는 데 의의가 있다.

02

해운 부문 국제 환경 규제와 대응 동향

제1절 국제 환경 규제

1. 국제 환경 규제 배경과 동향

전 세계적으로 환경문제에 대한 대책 마련이 중요한 과제로 떠오르고 있다. 그중 해운 부문도 운송과 환경보전 간의 조화가 주요 사항으로 부각된다. 이는 경제발전이 이루어지면서 국제 교역량과 운송량이 증가했는데 특히 해상운송이 교역의 가장 큰 비중을 차지하고 있기 때문이다. 따라서 본 절에서는 주로 선박에서 배출되는 오염물질 중에서 대기오염에 해당하는 환경 규제를 살펴본다.

1) 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

기후변화에 대응하는 전 세계적 노력의 대표격은 교토의정서와 파리협약이다. 그리고 그 시발점은 1992년 채택된 유엔기후변화협약(UNFCCC)이다. 기후변화협약은 세계 154개국의 서명과 비준절차를 거쳐 50개 당사국

의 비준서가 기탁됨으로써 1994년 3월에 정식으로 발효되었다.²²⁾

유엔기후변화협약과 당사국총회가 채택한 모든 관련 법적 문서의 궁극적 목적은 협약의 관련 규정에 따라 기후체계가 위험한 인위적 간섭을 받지 않는 수준으로 대기 중 온실가스 농도의 안정화를 달성하는 것이다.²³⁾

유엔기후변화협약 중 주요 협약은 당사국총회를 통해 논의되고 있다. 유엔기후변화협약 관련 최고 의사결정기구인 당사국총회(COP: Conference of the Parties)는 당사국들이 협약의 이행 방법 등 주요 사안을 전반적으로 검토하기 위해 연 1회씩 지금까지 총 26회 개최되었다. 당사국총회를 통해서 주요 환경협약인 교토의정서와 파리협약이 채택되었다.

〈표 2-1〉 주요 당사국총회(COP) 내용

회의명	개최시기 및 장소	주요 내용
COP1	1995년 독일 베를린	• 유엔기후변화협약 당사국총회 최초 개최 • 2000년 이후의 온실가스 감축을 위한 협상 그룹 설치 • 논의결과를 제3차 당사국총회에 보고하도록 하는 베를린 위임 사항(Berlin Mandate) 채택
COP3	1997년 일본 도쿄	• 부속서 I 국가들의 온실가스 배출량 감축 의무화 • 교토의정서 채택(Kyoto Protocol): 공동이행제도, 청정개발 체제, 배출권 거래제 등 시장원리에 입각한 새로운 온실가스 감축 수단의 도입
COP21	2015년 프랑스 파리	• 전세계 정상들이 모여 온실가스 배출에 대한 지속적인 관리와 책임 이행을 약속하는 내용의 '파리 기후협정문' 채택 • 2100년까지 산업화 이전과 비교하여 지구 평균온도의 상승폭을 2℃ 미만 수준으로 유지(궁극적으로는 1.5℃까지 제한)

자료: 외교부(검색일:2022.5.10.); 한국환경연구원 국가기후위기적응센터(검색일: 2022.5.10.) 바탕으로 저자 재작성

22) 행정안전부 국가기록원(검색일: 2022.5.10.)

23) 환경부 홈페이지(검색일: 2022.5.10.)

2) 교토의정서

유엔기후변화협약(UNFCCC) 제 3차 당사국총회(COP3)에서는 전 세계의 지구 온난화 방지를 위한 부속 의정서인 교토의정서가 채택되었다. 교토의정서의 가장 주요한 내용으로는 부속서 I 에 해당하는 국가들(미국, 영국, 일본 등 38개국)이 2008년과 2012년인 1차 공약 기간 사이에 온실가스 배출을 1990년 수준보다 5.2% 낮추는 것이다.

교토의정서 상에 설정한 목표치에 도달하기 위한 방편으로 ‘교토 메커니즘’ 체제를 구축했다. 온실가스 배출 감축 의무를 융통성 있게 지킬 수 있도록 배출권거래 제도(ETS: Emission Trading System), 공동이행제도(JI: Joint Implementation), 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)의 세 가지 제도를 도입했다.

〈표 2-2〉 교토의정서의 주요 제도

제도	주요 내용
배출권거래 제도 (ETS)	• 교토의정서 제 17조에 명시 • 온실가스 감축의무가 있는 국가에 배출량을 할당한 후, 국가 간 배출 쿼터의 거래를 허용하는 제도 • 할당된 쿼터를 초과한 국가는 타국으로부터 배출권을 구매 • 할당된 쿼터에 미달된 국가는 타국에게 쿼터 잉여분을 판매 • 총량거래방식(Cap & Trade)과 기준인정방식(Baseline & Credit)
공동이행 제도 (JI)	• 교토의정서 제6조에 명시 • 부속서 I 에 포함된 국가들 사이에서 온실가스 감축 사업을 공동으로 이행하는 것을 인정하는 제도 • 투자하여 발생된 온실가스 감축실적의 일부분을 배출국으로 인정
청정개발체제 (CDM)	• 교토의정서 제12조에 명시 • 부속서 I 국가가 부속서 I 에 포함되지 않는 국가에 투자하여 발생된 온실가스 배출 감축실적으로 자국의 감축실적에 반영할 수 있는 제도 • 개발도상국의 지속가능한 개발에 기여하고, 부속서 I 국가가 온실가스 감축의무를 보다 비용효과적으로 달성하도록 하기 위한 목적

자료: 박선희(2008), pp. 223-224, United Nations(1998)의 내용을 바탕으로 저자 정리

3) 파리협정

2020년을 기준으로 이전까지 기후변화에 대응하는 국제질서를 유지하던 교토의정서의 기한이 만료됨에 따라 새로운 국제질서를 구축해야 할 필요성이 대두되었고 2015년 12월에 파리협정이 체결되었다.

파리협정은 기후변화의 위협에 대한 전 지구적 대응의 강화를 기본 목표로 한다. 이에 산업화 시기 이전 수준 대비 지구 평균기온 상승을 2℃보다 현저히 낮은 수준으로 유지하고 산업화 시기 이전 대비 지구 평균기온 상승을 1.5℃로 제한하기 위해 노력하고 있다.²⁴⁾

교토의정서와 파리협정의 내용을 비교하면 다음과 같다.

〈표 2-3〉 교토의정서와 파리협약 비교

구분	교토의정서	파리협약
채택시기	COP3 1997년 일본 교토에서 채택	COP21 2015년 프랑스 파리에서 채택
협약 국가	부속서 I 에 해당하는 주요 선진국(38개국)	모든 당사국(195개국)
발효시기	1차 공약기간: 2008~2012년 2차 공약기간: 2013~2020년	2020년~
주요 내용	- 온실가스 배출량을 1990년 수준보다 5.2% 감소 - 배출권거래 제도, 공동이행 제도, 청정 개발 체제 도입 - 선진국에만 온실가스 배출 감축 의무 부여	- 산업화 이전 대비 지구 평균온도 2℃ 아래로 유지하고 1.5℃까지 제한하기 위한 노력 - 온실가스 감축목표를 포함한 국가결정 기여(NDC) 제출 및 점검 - 선진국에서 개도국의 감축, 적응 목표를 달성하기 위한 기술, 역량 배양의 지원

자료: 저자 정리

24) United Nations(2015), p. 3.

2. IMO 환경 규제 주요내용과 전망

국제해사기구 IMO(International Maritime Organization)는 선박의 항로, 교통규칙, 항만시설 등을 국제적으로 통일하기 위해 만든 유엔의 전문기구로서 1958년에 정부 간 해사자문기구(IMCO: Inter-Governmental Maritime Consultative Organization)로 창설되고 1982년 지금의 국제해사기구로 개칭되었다. 2022년 기준으로 IMO는 175개의 회원국과 3개의 준회원이 있으며 유엔 전문기구로서 협력을 도모해 안전하고 환경적으로 건전하고, 효율적이고 지속가능한 해운을 촉진하는 사명을 가지고 있다.²⁵⁾

1) IMO 환경 규제 배경

기후변화 대응은 오늘날 전 세계적인 핵심 이슈이다. 선박 분야가 환경오염의 발원지라는 인식이 확대되면서 IMO에서도 온실가스 규제, 감축, 통제를 강화하고 있다. 선박의 해양오염에 대한 세계적 규제는 제2차 세계대전 이전부터 거론되기 시작했으며, IMO에서는 1973년 선박으로부터 해양오염을 방지하기 위한 국제협약을, 1978년에는 이에 대한 의정서를 거쳐 해양오염방지 협약(MARPOL) 73/78을 채택했다. MARPOL은 총 6개의 부속서가 있으며 그중에서 부속서 6장은 ‘선박으로부터의 대기오염 방지를 위한 규칙’으로 1997년에 채택되었으며 2005년에 발효되기 시작했다.²⁶⁾

이처럼 IMO는 해양환경 보호가 글로벌 이슈로 떠오르면서 관련 국제협약이 점점 강화되고 있으며 조선사와 해운기업의 환경 경영을 강하게 요구하고 있다.

25) IMO(검색일: 2022.5.19.)

26) 국토해양부(2012), p. 366.

2) IMO 환경 규제 주요 내용

해운에서 국제해사기구(IMO)는 가장 영향력 있는 규제기관으로서 선박 및 해운회사에 환경 규제를 부과하고 있다. IMO GHG 전략은 현재 2030년과 2050년에 대한 구체적인 목표를 설정하면서 국제 해운 분야의 정책 개발을 주도하고 있다. 특히 IMO에서는 선박의 엔진에서 발생하는 배출가스를 절감하고자 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx) 규제와 온실가스 감축을 위해 다음과 같은 환경 규제를 시행할 예정이다.²⁷⁾

〈표 2-4〉 IMO 환경 규제 조치별 주요 계획

분류		세부조치	2022~2023	2025~
2050년까지 해운분야 배출 총량을 50% 감축				
단기적 조치	기술적 규제	EEDI	EEDIⅢ (최대 50% 까지 CO2 삭감)	EEDIⅣ 도입여부 논의중
		EEXI	새로운 EEXI 도입 (EEDIⅢ 기준을 모든 운항선박에 적용)	
	운항상 규제	CII	CII 도입 (2023~2026년 매년 CO2 2%씩 감축)	
		SEEMP	2022년 12월 SEEMP PARTⅢ 작성 및 승인 확인증(CoC) 본선비치 (CII 등급이 E(1년)나 D(3년연속)인 경우 시정조치계획을 SEEMP에 포함하여 주관청 재승인 필요)	
중·장기 조치	시장기반 조치	온실가스 분담금 제도	1단계(2021년 봄~2022년 봄): 중·장기 후보조치 제안 및 초안 검토단계 2단계(2022년 봄~2023년 봄): 검토조치 평가 및 선택(우선순위 결정)	
		배출권 거래제도		
	기술적 조치	연료표준 제도	2단계 이후 중기조치에 대한 세부조치 가시화 예정	

자료: DNV(2021), pp. 19~21, 해양수산부(2022), p. 49를 바탕으로 저자 정리

27) DNV(2021), p. 19.

단계별 전략 중 단기적인 측면에서는 2021년 6월 IMO는 기존 선박에 적용할 수 있는 광범위한 이산화탄소(CO₂) 규정을 채택했다. 이에 대한 새로운 규정으로는 선박의 기술적 조치인 현존선 에너지효율지수(EEXI: Energy Efficiency Existing Ship Index), 운영적 조치인 탄소집약도(CII: Carbon Intensity Indicator), 강화된 선박에너지효율관리계획(SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan)이 있다. 이러한 새로운 규정은 2023년 1월 1일부터 발효되며 선박 설계 및 운영에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다.²⁸⁾

(1) 단기적 조치

단기적 조치는 크게 기술적 조치와 운영적 조치로 구분될 수 있다. 먼저 기술적 조치 중 하나인 EEDI(Energy Efficiency Design Index)는 선박의 에너지효율을 표시하는 설계지수로서 1톤의 화물을 적재하고 해상에서 1마일(nm, nautical mile)을 항해할 때 배출되는 이산화탄소량(gCO₂/ton·nm)을 나타낸다. EEDI는 선박 엔진의 배출량, 보조엔진의 배출량, 폐열회수장치와 같은 에너지 저감장치의 감축량 등을 반영한다.²⁹⁾ 2025년 시행 예정인 3단계 조치 중에서 EEDI를 2022년 4월 1일부터 컨테이너선, 대형 가스선(>15,000DWT) 등에 선제적으로 적용할 예정이다. 소형 컨테이너선은 30% 감축을 시작으로 초대형 컨테이너선은 50%까지 단계적으로 감축 요건을 적용한다.³⁰⁾ EEDI 4단계 도입 여부에 대한 논의가 진행 중이지만 지금까지 감소 수준, 도입 일정 또는 EEDI 프레임워크에 대한 기타 변경 사항은 아직까진 제시된 바 없다.³¹⁾

28) DNV(2021), p. 19.

29) DNV(2021), p. 21.

30) MEPC 75(2020), p. 6.

31) MEPC 76(2021), p. 50.

또 다른 기술적 조치인 EEXI는 EEDI 2단계 또는 3단계(일부 조정 포함)에 적용되는 모든 기존 선박에 동일하게 적용된다. EEXI의 범위는 기존 EEDI가 적용되는 선박 유형 및 크기와 동일하지만, 건조 연도와는 상관없이 모든 선박이 포함된다.³²⁾ 이는 일회성 인증을 요구하며 늦어도 2023년 1월 1일 이후 첫 번째 연례 조사 이전에 새로운 에너지 효율 인증서가 발행되어야 한다. 만일 EEDI를 적용받은 선박이더라도 강화된 규정으로 인해 일정 수준의 지수값을 충족하지 못해 EEXI를 만족하지 못하게 되면 시장에서 퇴출된다.³³⁾

운영적 조치인 SEEMP는 선사가 해상에서 운항 중인 선박의 에너지효율을 개선하게 하기 위한 지침서라고 볼 수 있다. SEEMP의 목적은 해운기업 선박의 에너지 효율성을 개선하고 선박 운항 시 탄소집약도를 감소시킬 수 있는 메커니즘을 만드는 것이다.³⁴⁾ 이 지침은 선상의 승무원이 운항선박의 온실가스 배출량을 최소화하기 위해 지켜야 할 선박관리 계획이 포함되어야 한다. CII는 1년간 선박이 1톤의 화물을 1해리 실어나르는 데 발생한 이산화탄소량을 집계하는 것이다. IMO의 해양환경보호위원회(MEPC: Marine Environment Protection Committee)는 제76차 회의에서 현존선은 2019년 기준 CII대비 2020~2022년 매년 1%, 2023~26년 매년 2%씩 감축하기로 결정했다.³⁵⁾ CII도입을 통해 일정 기준을 충족하지 못할 경우 운항상 규제가 적용되며 SEEMP의 시정조치를 요구 받는다. 2023년 1월 1일까지 CII 요건의 대상이 되는 모든 선박은 CII 목표를 달성할 이행 계획 등 필수 내용을 포함하도록 SEEMP를 개발하고, 승인확인증(CoC)을 본선에 비치한 선박에 탑승해야 한다. SEEMP의 시행은 아직 구체적인 요건이 개발 중이고 2022년에 IMO에 의해 승인될 것으로 예상된다.³⁶⁾

32) MEPC 78 ANNEX 13(2022), pp. 4-5.

33) DNV(2021), p. 20.

34) MEPC 78 ANNEX 8(2022), p. 6.

35) 해양수산부(2020.12.4.)

〈표 2-5〉 IMO 단기적 조치

기술적 규제	- 에너지효율설계지수(EEDI) - '13.1.1 이후 신조선만 적용 - 현존선에너지효율지수(EEXI) 도입 - 모든선박에 적용
운항상 규제	- 탄소집약도 지표(CII) 도입 - 선박에너지효율관리계획서(SEEMP) 강제화

자료: 박성화·고병욱·이경미(2021), p. 10.

(2) 중장기적 조치

단기적 조치에서 기술적 조치가 선박의 설계부분 측면에서 취하는 조치이고, 운영적 조치가 선박운항관리 측면에서 취하는 조치라고 한다면 중장기적 조치는 시장기반조치(MBM: Market Based Measures)의 도입을 통해 온실가스 감축계획을 실행할 예정이다. 시장기반조치는 온실가스 배출에 가격을 산정하고 나아가 두 가지를 목적으로 한다. 첫째, 해운산업에서 친환경적인 선박과 기술에 투자함으로써 연료 소비를 줄이고, 효율적인 에너지 활용 방식으로 선박을 운영함으로써 경제적 인센티브를 제공하여 증가하는 온실가스 배출을 다른 부문에서 상쇄하는 것이다. 둘째, 시장기반조치는 기술 이전과 적응 등 다양한 용도로 사용될 수 있는 자금을 창출할 수 있다.³⁷⁾

IMO에서는 2050년까지 탄소중립을 위한 중장기적인 전략을 수행하기 위해서 여러 대책안을 지속적으로 검토하고 있으며 ISWG-GHG 13 이후부터 우선순위가 높은 제안들의 검토를 추진하여 각 제도안을 구체화시킬 예정이다.³⁸⁾ 현재까지 중점적으로 검토 중인 대책안으로서 현재 논의하고 있는 중장기 조치인 시장기반조치는 온실가스 분담금 제도(GHG Levy), 배출권거래제도(Cap-and-Trade)이며, 온실가스 연료표준제도(GHG Fuel

36) MEPC 78 ANNEX 8(2022), p. 20-21.

37) IMO(검색일: 2022.8.5.)

38) MEPC 78(2022), p. 46.

Standard)³⁹⁾는 기술적조치이다.⁴⁰⁾ 이에 대한 추후 일정은 매우 불확실하지만 2023년으로 예정된 IMO GHG 전략 검토와 동시에 자세한 내용이 제시될 것이다. 이러한 검토로 단기적 조치(EEDI, EEXI, CII 등)를 수정하거나 새로운 규정을 통해 개별 선박에 영향을 미칠 수 있는 전략적 목표를 나타낼 수 있다.⁴¹⁾

IMO에서 제안하는 온실가스 분담금 제도(GHG LEVY)는 선박이 배출하는 CO2 톤당 IMO의 기후 기금이다. 의무적으로 기부를 하는 것이며, 이는 제로 탄소를 위한 기술과 연료를 위해 시장기반조치로서 발효될 예정이다.⁴²⁾ 온실가스 분담금 제도의 탄소 가격 책정 매커니즘에 대해 5년 주기로 2025년까지 중유를 사용하는 장비에 이산화탄소 배출 톤당 \$100를 부과하자고 제안했으며 IMO는 해당 내용을 지지하고 있는 상황이다.⁴³⁾ 온실가스 분담금 제도가 국제 운송에서 규정 준수와 복잡성을 증가시킬 수는 있지만 모든 국제 운송에 종사하는 선박에 공평하게 적용될 것이기 때문에 공정한 경쟁 상황을 마련하고, 녹색 기술에 대한 투자와 선도주자를 위한 인센티브를 제공해 줄 수 있다. 그러나 온실가스 분담금은 탄소배출을 줄일 수 있다는 확실한 보장이 없으며 단지 국제 운송의 지속가능한 발전을 방해할 수 있다. 또한 아직까지 탄소세를 징수함으로써 창출될 자금의 지배구조나 사용방법이 명확하게 정해지지 않아, 누가 연구활동을 위한 지원을 받을 것인지 분명하지 않다.⁴⁴⁾

배출권거래제(Cap-and-Trade System)는 국제 해운에서 발생하는 이

39) '온실가스 연료표준 제도'는 기술적조치이지만 이번 회의에서는 시장기반조치와 기술적조치 두 가지 성격의 조치를 함께 채택하는 '결합 조치(Basket of Measures)'에 다수가 지지

40) 해양한국(2021.12.30.)(검색일: 2022.4.19.)

41) DNV(2021), p. 19.

42) ISWG-GHG 10(2021), p. 17.

43) ISWG-GHG 10(2021), p. 8.

44) ISWG-GHG 10(2021), p. 19.

산화탄소 배출량의 부문별 상한선을 설정하고, 선박 배출권 허용량을 할당하여 시장에 출시가 되며 거래할 수 있는 시스템이다.⁴⁵⁾ 배출권거래제는 2050년 감축목표에 따라 온실가스 배출에 대한 장기적인 가격을 제공하는 글로벌 메커니즘으로서 초기에 도입한 선사는 온실가스 한도에 대한 기술적 요구사항을 따르면서 배출량을 줄일 때 거래시스템에서 더 낮은 배출가격을 얻을 수 있는 인센티브를 제공받을 수 있다. 반면 배출량을 줄이지 않는 기업은 배출가격을 지불해야 하며 온실가스 제한에 따른 기술적 요건을 준수하지 않을 경우 경쟁상의 이점이 없으며 벌금이 발생할 수 있다. 시장기반조치에서 발생하는 수익은 국제 해운의 온실가스 감축에 활용되어야 하는데 이미 시행 중인 EU-ETS와 같은 기존의 ETS 시스템과 IMO-ETS 시장이 연결되면 국제 해운 부문에서 다른 부문으로 자금이 유출될 우려가 있다.⁴⁶⁾

온실가스 연료표준제도(GHG Fuel Standard)는 운송작업당 CO₂ 배출량과 연료에 대한 수요 및 공급을 줄이는 방법이 아닌 해양 연료의 탄소 함량을 규제하는 제도이다.⁴⁷⁾ 연료표준제도는 기술적 기반의 조치라고 할 수 있지만, 단기적 기술적 조치인 CII나 EEDI와 같은 순수한 기술적 조치는 아니며 분담금제나 배출권거래제 시스템인 경제적 조치와의 결합 조치로 활용될 예정이다.⁴⁸⁾ 연료표준제도는 연료 및 에너지원의 온실가스 집약도를 줄이는 데 중점을 두고 있기 때문에 제도가 시작되면 무탄소 연료에 대한 전환이 이루어질 수 있도록 보장해야 한다. 또한 연료표준제도는 목표기반 조치보다는 규범적 조치이기 때문에 선사들에게 대체연료를 홍보할 수 있다는 장점이 있지만 선박의 에너지 효율을 개선하거나, 기수 개조 등과 같은 온실가스 총 배출량을 줄이기 위한 노력을 장려하지는 않는다.

45) IMO(검색일: 2022.8.5.)

46) ISWG-GHG 10(2021), pp. 20-21.

47) ISWG-GHG 12(2022), p. 17.

48) ISWG-GHG 12(2022), p. 8.

그러나 연료표준제도의 시행은 시장기반조치에 비해 더 투명하고 부담이 덜 되는 제도라고 할 수 있다.⁴⁹⁾

〈표 2-6〉 IMO 중장기 조치

결합 조치 (Basket of Measures)	시장기반조치	• 온실가스 분담금 제도(GHG Levy) • 배출권거래제도(Cap-and-Trade)
	기술적조치	• 온실가스 연료표준제도(GHG Fuel Standard)

자료: 저자 작성

3) IMO 환경 규제 전망

시장기반조치에 대한 논의는 IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 60차 회의에서 11개의 시장기반조치가 제안되면서 시작되었다. 2018년 MEPC 72차 회의에서는 선박 온실가스 감축 초기전략(Initial IMO Strategy)이 채택되었는데 이는 산업화 이전보다 지구 평균 온도 상승을 2℃ 보다 낮은 수준으로 유지하고 지구 평균 온도 상승을 1.5℃로 제한하는 파리협정에 대응하기 위한 해운업계의 대응전략이다.

한편 IMO MEPC 제76차 회의에서 국제해운회의소(ICS: International Chamber of Shipping)는 IMO에 탄소제로(Zero-Carbon) 기술 및 무탄소 연료를 채택하는 데 들어가는 비용을 조달하기 위해 탄소세 부과 방안을 제출했으나, 77차 회의에서는 구체적으로 논의되지 않았다. ICS가 제안한 분담금은 전 세계 총톤수 5,000톤 이상의 모든 선박에 적용되며 이산화탄소 톤당 일정 금액을 부과하는 것으로,⁵⁰⁾ 중장기적 조치로 활용하기 위한 탄소세 수준 등의 구체적인 내용이 2023년 IMO GHG 전략 검토에서 논의될 것으로 예상된다. IMO MEPC 제77차 회의에서 IMO가 수립한

49) ISWG-GHG 10(2021), pp. 22-24.

50) International Chamber of Shipping(2021.9.6.)(검색일: 2022.4.19.)

GHG 배출 초기감축 목표를 상향하여 2050년까지 국제 해운 배출량을 제로로 설정, 즉 탄소중립에 대한 논의가 이루어졌다.⁵¹⁾

2022년 6월 MEPC 제 78차 회의에서는 MEPC 72차에서 채택된 온실가스 감축 초기전략에 따른 탈탄소화를 위한 온실가스 감축 방법에 대한 상향 심의가 지속적으로 이루어졌다. 이에 국제 해운 분야에서 2050년 온실가스 감축목표를 2008년의 50% 이상 상향하는 방향에 대해 논의가 이루어졌으며 MEPC 80차까지 개정전략 채택을 위한 논의가 계속될 예정이다.⁵²⁾ 또한 선박 온실가스 감축을 위한 중기 조치로서 기술적 조치인 연료표준제도와 시장기반조치로서 배출권거래제와 온실가스분담금제도 그리고 기술적 조치와 시장기반 조치를 결합한 상호 보완적 조치로서 결합조치(Basket of Measures)에 대한 논의가 이루어졌다.⁵³⁾ 2022년 12월에 열릴 MEPC 제 79차 회의에서는 지속적으로 관련 주제가 논의될 예정이고, 2023년 7월에 열릴 MEPC 제 80차 회의에서 규제로 발전시킬 방안이 결정될 예정이다.⁵⁴⁾

3. EU Fit for 55 주요내용과 전망

1) EU Fit for 55 배경

파리 협정에 명시된 기후 목표에 따라 유럽연합은 2050년까지 유럽을 최초의 기후 중립적 대륙으로 만드는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해서 2019년 12월 12일 유럽 이사회는 유럽집행위원회와 함께 핵심적인 유럽 그린딜(EGD: European Green Deal)을 수립했다. 그리고 유럽 위원회는 2021년 7월 14일 EGD 시행을 준비하는 일련의 정책 제안인 Fit for 55를

51) ClassNK(2021.11.29.)(검색일: 2022.5.10.)

52) 해양수산부(2022)

53) MEPC 78(2022), p. 46.

54) MEPC 78(2022), pp. 32-33.

채택했으며 2050년 탄소중립 실현을 위한 중간 목표로서 2030년까지 온실가스 배출(GHG)을 최소 55% 감축하는 것을 목표로 한다.⁵⁵⁾ 이러한 EU의 녹색전환의 목표를 달성하기 위해서 기업은 경쟁력을 강화하고 미래의 일자리를 창출하며, 전환비용과 그에 대한 영향을 효과적으로 해결할 수 있어야 한다.⁵⁶⁾ 해운산업 또한 EU Fit for 55의 규제대상으로 배출권거래나 연료 사용 기준 등에 대한 내용이 포함되어 있으며 지속적으로 논의되고 있는 상황이다.

〈표 2-7〉 유럽그린딜 추진 연혁

시기	내용	정책분야
2019년 12월	• 유럽 그린딜 발표 총괄	총괄
2020년 1월	• 유럽 그린딜 투자계획(European Green Deal Investment Plan) 및 공정전환체계(Just Transition Mechanism) 발표	투자계획
2020년 9월	• 2030 기후 목표 계획(2030 Climate Target Plan) 발표	탄소감축
2021년 2월	• 기후변화적응에 관한 전략(EU Strategy on Adaptation to Climate Change) 발표	기후변화
2021년 5월	• 오염제로 행동계획(Zero Pollution Action Plan) 발표 • 지속가능한 해양경제(Sustainable Blue Economy) 발표	생태계 해양
2021년 7월	• 탄소감축 입법안 패키지 'Fit for 55' 발표	총괄

자료: 장영욱 외(2021), p. 4. 재인용

2) EU Fit for 55 주요내용

Fit for 55 패키지는 상호 연결된 일련의 제안으로 구성되어 있으며, 각 제안들은 모두 2030년 이후까지 공정하고 경쟁력 있는 녹색 전환을 보장한다는 동일한 목표를 위해 추진된다. 전반적으로 Fit for 55 패키지는 기존의 8개의 법안을 강화하고 광범위한 정책과 경제 분야, 즉 기후, 에너지 및 연료, 교통, 건물, 토지 이용 및 임업 등 5개의 새로운 제안을 제시한다.

55) KPMG(검색일: 2022.7.15.)

56) European Commission(2021), p. 1.

그러나 환경을 위해 무조건적인 환경 규제 정책이 진행되다 보면 기업 입장에서는 경제적 부담이 과도하게 커지게 되고, 탄소 가격 책정 관련 규제정책만으로는 시장실패와 비시장장벽을 극복하기 어려울 것이라는 분석이 되었다. 이에 Fit for 55는 가격 책정과, 목표, 규정, 지원 조치 간의 균형있는 정책들이 포함되어 있다.⁵⁷⁾

〈표 2-8〉 Fit for 55 패키지 주요 내용

가격(Pricing)	목표(Targets)	규정(Rules)
• 항공을 포함한 강화된 배출권거래제 • 해양, 도로 및 건물로 배출권 거래제 확대 • 에너지 조세 지침 개정 • 새로운 탄소국경조정제도	• 노력분담규정 개정 • 용도변경 및 산림규제 개정 • 재생에너지 지침 개정 • 에너지 효율 지침 개정	• 승용차 & 승합차를 위한 CO₂ 배출기준 강화 • 대체 연료를 위한 새로운 인프라 규정 개정 • ReFuel EU: 지속가능한 항공 연료 기준 • Fuel EU: 청정 해운 연료 기준
지원사항		
• 세입과 규제를 사용하여 혁신을 촉진하고, 연대를 구축하고, 취약계층에 대한 영향을 완화 • 사회 기후 기금과 혁신 기금 신설		

자료: European Commission(2021), p. 3.

Fit for 55의 주요 정책 중에서 해운산업과 직접적으로 관련이 있는 분야는 온실가스배출권거래제(Emission Trading System, ETS) 확대, FuelEU Maritime 도입, 에너지 세제 지침(Energy Taxation Directive, ETD) 개정 등이 포함된다.

57) European Commission(2021), p. 3.

〈표 2-9〉 Fit for 55 정책 주요 내용

제도명		비고
온실가스 배출 관련 제도 정비		
1	탄소국경조정 규정	신규법
2	EU-ETS 지침	기존법
3	사회적 기후기금 도입	신규 제도
4	노력분담 규정	기존법
5	승용차 및 소형운반차량의 온실가스 배출 규정	기존법
에너지 부문 목표 수정		
6	재생에너지 지침	기존법
7	에너지효율 지침	기존법
연료 관련 제도 정비		
8	ReFuel Aviation	신규법
9	ReFuelEU Maritime	신규법
10	대체연료 기반시설 규정	기존법 개정
11	에너지 세제 지침	기존법
탄소 순흡수원 관련 제도 정비		
12	토지, 산림, 농업 규정	기존법

자료: 에너지경제연구원(2021), p. 7.

(1) 배출권거래제 확대

Fit for 55 제안서는 산업, 운송, 건물 및 에너지 전반에 걸쳐 이를 반영한다. EU 및 국가 차원의 보완적이고 표적화된 정책은 행동 변화, 기술 혁신 및 배치 및 새로운 기반 구조의 개발을 가속화할 것이다. Fit for 55 패키지의 초석은 EU 배출권 거래 제도를 강화하여 지금까지 배출권 감소가 부족했던 새로운 부문에 적용함으로써 EU 배출권 거래 제도의 중요한 성과를 기반으로 하는 것이다. 지난 16년간의 경험에 따르면 배출권 거래는 비용 효율적인 방식으로 배출량을 줄이는 매우 효과적인 메커니즘이며, 배출권이 창출하는 수익은 청정 생산으로의 전환을 지원하고 혁신을 촉진하는 데 사용될 수 있다.⁵⁸⁾

새로운 2030년 감축목표에 따라 제안된 배출권거래제의 개편은 크게 두 가지 방향으로 추진되는데, 배출권거래제의 강화와 배출권거래제 확대로 나눌 수 있다.

가. 배출권거래제 제도 강화

EU ETS에서 온실가스 감축을 위해 제도를 강화한 사항은 순환허용량에 대한 연간 선형감축계수(LRF: Linear Reduction Factor)를 2.2%에서 4.2%로 올린 것이다. 4.2%의 선형 감소 계수는 향후 항공 운송으로 인한 배출량을 포함하여 전체 EU ETS에 적용된다. EU ETS의 배출 감소 성과에 대한 중요한 동인으로서 허용 가격 인상은 항공 부문에서 유통되는 허용량의 총량을 재조정함으로써 이루어질 것을 제안한다. 또한, 항공 부문의 무상할당은 2024년부터 2027년까지 매년 25%씩 순차적으로 줄이는 계획으로 2027년부터는 완전 유상할당으로 전환할 예정이다.⁵⁹⁾

나. 배출권거래제 범위 확대

위원회의 제안에 따르면, EU ETS의 범위는 항공뿐만 아니라 산업 및 에너지 부문의 필수 영역을 계속 포함해야 하지만 모든 EU 내 및 부분적으로 EU 외 해상 운송으로 확장되어야 한다. 4년의 단계적 도입 기간 후 2026년부터는 EU 내에서 운항되는 해양 배출량의 100%와 EU 외부로 운항되는 해양 배출량의 50%가 거래로 충당될 것이다. EU 내 해양 배출물은 EU 회원국 항구의 정박지에서 발생하거나 EU 회원국 간의 항해 중에 발생하는 배출물이다. EU 외 해양 배출은 EU와 제3국 간의 항해에서 발생하는 배출로 정의된다. 단계적 도입 기간 동안 선박회사의 신고 배출허용 의무는 연간(2023년 20%, 2024년 45%, 2025년 70%) 증가해 2026년에는 100%

58) European Commission(2021), p. 5.

59) Schlacke et al.(2022), p. 4.

에 이를 전망이다.⁶⁰⁾ 이는 EU MRV(Monitoring Reporting Verification) (Regulation (EU) 2015/757) 적용 대상 선박⁶¹⁾에 적용할 예정이다.

(2) 에너지 세제 지침 개정

에너지 세제 지침(ETD: Energy Taxation Directive)은 기존 지침이 온실가스 감축이나 대기오염물질 저감에 적합하지 않다는 의견에 따라 에너지원의 환경 및 건강 영향을 고려한 방향으로 개정되었다. 개정안은 친환경 연료를 지원하고 화석연료에 대한 면제나 할인은 폐지하는 방향으로 그리고 열량을 기준으로 환경에 대한 부정적 영향이 클수록 최소 에너지 소비세율이 증가하는 방향으로 구성되었다.⁶²⁾

개정된 에너지 세제 지침에서는 수송 및 난방, 발전용 연료 세가지 항목에 최저세율을 규정하고 있으며, EU 회원국은 최저세율 이상의 소비세율을 설정해야 한다.⁶³⁾ 예를 들어, 화석연료는 수송연료로 10.75유로/GJ을 최저세율로 부과하지만, 친환경적인 바이오연료 및 가스는 0.15유로/GJ 수준으로 최저세율을 규정하여 친환경 연료가 우대를 받을 수 있는 환경을 조성하고 있다.⁶⁴⁾ 또한, 기존에 면세되었던 항공유나 선박유 등에 대해서도 최저세율을 적용하도록 했지만 이는 2023년부터 10년에 걸쳐 점진적으로 적용되는 방식을 따를 예정이다.⁶⁵⁾

해상운송에 사용되는 연료는 현재 에너지조세지침에 따라 과세 면제되고 있으나, 본 제안으로 EU내 화물선, 여객선, 어선에 사용되는 관련 연료에 대한 최소 세율을 도입하게 된다.

60) Schlacke et al.(2022), p. 4.

61) EU에 상업적 목적을 위해 승객 또는 화물을 운송하는 총 톤수 5,000톤 이상의 선박

62) 이상준(2021), p. 44.

63) 이상준(2021), p. 45.

64) 이상준(2021), p. 45.

65) 이상준(2021), p. 45.

(3) 항공 및 선박 연료 기준

항공산업과 해운산업은 운송 부문에서 연료소모량이 큰 분야이며 상당한 오염물질을 발생시키고 있어 청정연료 사용을 장려하기 위해 EU Fit for 55에 새로운 지침을 마련했다.

ReFuel EU 규정은 항공 연료에 지속가능항공연료(SAF: Sustainable Aviation Fuel)의 의무혼합비율을 규제하고 있다. 의무혼합비율은 2025년 2% 수준에서 출발하여 2050년 63%로 설정되었다. 의무혼합비율은 EU 역내 공항에서 출발하는 모든 항공기에 적용되기 때문에 이 규제의 적용을 위해 유럽 내 모든 공항에 지속가능연료 보유의 의무를 부과하고 있다.⁶⁶⁾ 선박 연료에 대해서는 FuelEU 규정을 도입하였다. 유럽의 모든 항구에서 선박이 사용하는 에너지의 온실가스 총량을 규제함으로써 지속가능한 해운 연료 개발과 제로배출 기술개발을 장려하기 위해 개정되었다. FuelEU Maritime은 유럽의 모든 항구에서 선박이 사용하는 에너지의 온실가스 총량을 규제하는 제도로 국제 해운의 연료혼합(Fuel Mix)에 재생가능 및 저탄소 연료 비율을 증가시키는 것을 목적으로 한다. 이는 항공 연료와 마찬가지로 2025년 2%의 의무혼합비율이 부과되며 2050년에는 75%까지 상승하도록 설정되었다. 이를 통해 2050년에는 선박 연료 믹스의 80%가량을 저탄소연료가 차지하도록 해야 한다.⁶⁷⁾ 그리고 2025년부터 FuelEU Maritime 적용 대상 선박은 2020년 기준값을 토대로 다음과 같이 연도별 WtW⁶⁸⁾ 감축목표치에 따른 온실가스 집약도 제한기준을 만족하여야 한다. 만일 온실가스 집약도 제한기준을 만족시키지 못할 경우 각 연료 종류별로 벌금을 납부해야 한다.

66) 이상준(2021), p. 50.

67) 이상준(2021), p. 50.

68) WtW(Well-to-Wake)는 에너지 생산, 이송, 분배 및 사용까지 전과정에 대한 온실가스 영향을 고려한 배출량을 의미

3) EU Fit for 55 전망

유럽연합(EU)에서는 2030년의 온실가스 배출량을 최소 55% 감축하는 목표를 달성하기 위해 EU Fit for 55 패키지 마련에 속도를 내고 있다. 패키지 내 각 법안들은 일반입법절차에 따라 유럽의회와 EU 이사회 논의 및 개정을 거쳐서 완성이 될 예정이고 2022년 7월 14일 기준 총 13개의 법안 중에서 8개의 법안에 대해 의회와 이사회 개별 입장이 확정되었다.⁶⁹⁾

해운산업과 관련된 법안 중에서 유럽 온실가스 배출권거래제(ETS)와 관련해서는 건물, 도로운송 부문만 의회와 이사회에서 입장이 확정된 상태이며 지속가능한 해양연료 이니셔티브와 에너지 세제 지침 두 부문은 아직 개별기관의 입장이 확정되지 않은 상태다. 관련 법안들은 하반기 의회와 이사회 간 최종 법안 마련을 위한 논의를 지속적으로 이어갈 예정이다. 이에 EU의 운항 선사들은 2024년부터 EU-ETS를 도입하고 2025년부터 FuelEU Maritime를 도입한다는 가정하에 연료 정책을 결정하고 선박 관련 설비를 준비해야 할 필요가 있다.

〈표 2-10〉 EU Fit for 55 추진 현황

법안명	의회 입장 확정	이사회 입장 확정
유럽 배출권 거래제(ETS)-항공	'22.6.	'22.6.
유럽 배출권 거래제(ETS)-건물, 도로운송	'22.6.	'22.6.
회원국 에너지 노력분담 규정	'22.6.	'22.6.
토지이용 및 변화, 임업 규정	'22.6.	'22.6.
대체연료 인프라 지침	진행 중	'22.6.
탄소국경조정세(CBAM)	'22.6.	'22.3.
사회기후기금	'22.6.	'22.6.
지속가능한 항공연료 이니셔티브	'22.7.	'22.6.
지속가능한 해양연료 이니셔티브	진행 중	'22.6.
승용차 및 소형상용차CO ₂ 배출규정	'22.6.	'22.6.
에너지조세 지침	진행 중	진행 중
재생에너지 지침	진행 중	'22.6.
에너지효율 지침	진행 중	'22.6.

자료: KOTRA(2022.7.18.)(검색일: 2022.7.25.)

69) KOTRA(2022.7.18.)(검색일: 2022.7.25.)

4. 규제별 특징

1) 국제 환경 규제 비교

지금까지 환경오염에 대응하기 위해 유엔기후변화협약에서부터 파리협약 등 다양한 협정과 규제들이 생겨나고 있다. 환경협정에 따라서 전 세계적으로 온실가스 감축을 위해 노력하고 있으며 운송 부문에서 많은 양의 온실가스를 배출하는 해운산업에도 큰 영향을 미치게 되었다. 최근 해운산업에 가장 크게 영향을 미치는 국제 환경 규제로서는 IMO 국제 환경 규제 의 ‘시장기반조치’와 유럽연합 유럽 그린딜의 ‘EU fit for 55’가 있다.

IMO에서는 1973년 선박 해양오염 방지를 위한 국제협약부터 시작해서 IMO GHG 전략에 이르기까지 지속적으로 선박과 해운기업에 환경 규제를 부과하고 있다. 대표적인 규제로서 시장기반조치로서는 온실가스 분담금 제도와 배출권거래제도, 온실가스 연료표준제도가 논의중에 있다. EU fit for 55는 유럽위원회에서 시행하는 유럽그린딜을 준비하는 정책 제안으로서 2030년까지 온실가스 배출(GHG)을 최소 55%까지 줄이는 것을 목표로 한다. 목표 달성을 위해 EU에서는 13개의 정책 실행 계획을 제시하였고 그중에서 해운산업에 영향을 미치는 사항은 온실가스 배출권거래제와 에너지 조세지침, 지속가능한 선박연료기준(ReFuelEU Maritime)이 있다. 이 두 기관에서의 환경 규제는 개별적으로 이루어지고 있지만 비슷한 규제 제도들이 있다. 시장기반조치에서의 배출권거래제도와 유럽연합의 온실가스 배출권거래제는 세부 지침은 다르지만 시장에서 배출권을 거래하는 방식에서 비슷하며, 온실가스 연료표준제도와 지속가능한 선박연료기준은 발생하는 온실가스 총량을 규제한다는 측면에서 공통된다고 볼 수 있다.

〈표 2-11〉 국제 환경 규제별 비교

구분	IMO의 시장기반조치	EU의 Fit for 55
목표	2050년까지 배출총량을 2008년 대비 50% 감축	2030년 온실가스 감축목표를 1990년 대비 55% 감축
적용 대상	모든 선박	• EU ETS - EU MRV 적용대상 선박 • ReFuelEU Maritime - EU에서 출·도착 및 정박하는 총 톤수 5,000 이상의 선박
주요 제도	• 온실가스 분담금 제도(GHG Levy) • 배출권거래제도(Cap and Trade) • 연료표준제도(GHG Fuel Standard)	• EU ETS 제도 강화 및 확대 • 에너지 조세지침 개정 • 지속가능한 선박연료기준 (ReFuelEU Maritime)

자료: 저자 작성

2) 규제별 특징

탄소의 가격책정에 적용되는 주요 정책 수단으로는 크게 탄소세(Carbon Tax)와 배출권거래제(Emissions Trading Systems)가 있다. 탄소세는 배출비용을 내실화하고 배출감소를 위한 인센티브를 제공하기 위해 배출 단위당 고정가격을 책정하는 것이다. 배출권거래제는 하나 이상의 산업 부문에서 총배출량의 상한선을 부과한다. 이에 규제기관은 상한선을 초과하지 않는 수준에서 거래충당금을 발행한다. 배출권거래제의 적용을 받는 기업은 이러한 충당금을 거래할 수 있으며 그에 대한 시장가격이 발생한다. 이러한 유형의 배출권거래제를 “Cap and Trade system.”이라고 부르기도 한다.⁷⁰⁾

탄소세와 배출권거래제의 가장 큰 차이점은 배출권거래제가 총배출량의 상한이 정해져있기 때문에 배출감소 수준이 더 확실하다는 것이다. 그러나

70) World Bank(2021), p. 15.

배출권거래제는 가격이 수요에 의해 결정되기 때문에 고정되어 있지 않다. 일반적으로 탄소세는 특정 기간동안 고정된 가격이기 때문에 탄소 가격에 대한 확실성을 제공하고 배출 완화에 대한 민간 투자를 촉진한다는 점에서 중요하다. 배출권거래제는 가격에 대한 확실성은 낮지만 배출량 완화 목표를 달성하는 데에는 더 확실하다고 할 수 있다.⁷¹⁾

〈표 2-12〉 시장기반조치(MBM) 규제별 비교

구분	탄소세	배출권거래제
개념	온실가스 배출 단위당(이산화탄소 환산톤 (=tCO ₂ e) 기준) 세금을 부과하는 제도	온실가스를 배출하는 사업장을 대상으로 배출권을 할당하고, 사업장 간 잉여분 또는 부족분의 배출권을 거래할 수 있도록 하는 제도
시행 국가	• 총 27개국 • (World Bank 기준, 2021, 5.)	• 9개국(EU권역 포함) • (World Bank 기준, 2021, 5.)
배출수준의 확실성	• 세금을 통해 달성한 배출량 감소를 추정하는 것은 어려움 • 기업들이 각자 탄소세 절세를 위해 알아서 배출량을 줄이기 때문에 배출 총량이 얼마나 줄어든지 정확히 예측하기 어려움	• 배출권거래제의 상한선에 대한 확실성이 제공되기 때문에 정책목표에 맞출 수 있음 • 배출 총량을 정부가 계획하고 설정하기 때문에 줄이고자 하는 목표량을 확실히 알 수 있음 • 대상이 되는 부문의 이산화탄소 배출 상한을 사전적으로 결정할 수 있지만, 적용대상에서 제외되는 부문의 배출량 조정이 어려움
비용 효과성	• 탄소세는 기업 혹은 부문 간 거래의 경제적 효율성을 얻기 어려움	• 부문 간 혹은 부문 내, 시간경과에 따른 경제적 효율성 허용 • 그러나 시장지배력, 유동성 부족, 가격의 과도한 변동성 등은 비용 효과성을 감소시킴
관리 및 범위의 용이성	• 탄소세에는 MRV 시스템이 필요 • 거래를 위한 기반시설이 필요가 없으며 기존 세금시스템을 이용할 수 있기 때문에 실행하기 용이함 • 탄소세 부과할 경우 기업의 부담이 너무 커지고 동시에 이를 뒷받침할만한 지원 정책을 마련하기 어려움	• 거래 총당금을 위한 시장을 포함하기 때문에 실행하기 복잡함
가격 예측성	• 탄소세는 미리 정해진 세율에 의해 설정됨	• 탄소가격은 시장에 의해 결정되기 때문에 가격 변동성을 유발할 수 있음
불확실성	• 탄소세의 경우 배출량이 에너지수요 및 연료 가격에 민감하기 때문에 최종배출량에 대한 불확실성이 존재함	• 배출권 가격 변동성이 커서 불확실한 측면이 있음

자료: World Bank(2021)를 참고하여 저자 작성

71) World Bank(2017), p. 34.

제2절 주요국 및 해외 주요선사 대응동향

1. 주요국 대응동향

World Bank에서 제시된 2021년 기준 전 세계적으로 탄소세를 도입한 국가로는 27개국이고 캐나다와 같이 주별로 다른 탄소세율을 적용하는 연방정부를 포함하면 35개이다. 배출권거래제는 EU 국가들과 뉴질랜드, 멕시코, 캐나다, 한국, 중국, 카자흐스탄에서 시행 중에 있다. 그러나 국가 차원에서 탄소세와 배출권거래제를 실시하고 있지만 해운산업까지는 적용되지 않은 상황이며, 향후 IMO와 유럽연합에서 적용을 검토하고 있어 각국에서는 이에 대비해야 할 필요성이 있다.

1) 싱가포르⁷²⁾

싱가폴은 Maritime Singapore Green Initiative를 통해서 시장기반조치가 논의되기 이전인 2011년부터 해운산업에서의 오염물질 배출량을 줄이기 위한 노력해왔으며, 기업의 자발적인 참여를 유도하고자 차등화된 인센티브를 제공하고 있다. 친환경 선박 프로그램 관련해서 선주가 IMO의 환경 규제를 초과 달성하는 경우 조치 종류에 따라 초기 등록비(IRF: Initial Registration Fee)와 연간 선박 톤세를 차등적으로 감면하여 운영 중이다.

또한 싱가포르 해양항만청(MPA: Maritime and Port Authority)와 SMI(Singapore Maritime Institute)는 2030년까지 추진계획을 담은 로드맵인 Maritime Singapore R&D Roadmap 2030을 발표했다. 해당 로

72) 김은미(2022), pp. 17-18.

드맵은 세계 정상급 차세대 항만(싱가포르의 TUAS 스마트 항만 개발 등), 전략적 해상 및 교통량 관리, 스마트 선박 운영과 자율운항, 효과적인 안정성 및 안보, 지속가능한 환경 및 에너지를 포함하고 있다.

2) 독일

독일 경제에너지부(BMWi)는 Maritime agenda 2025를 통해 해양 산업과 가치사슬, 해운, 항만, 풍향 에너지 등의 경쟁력 강화의 목적을 달성하고자 한다. 이에 연방정부는 기술통합, 글로벌 경쟁력, 환경보호 등의 9개의 실행전략과 10개의 방안을 제시했다.⁷³⁾

독일은 또한 수소를 통한 새로운 무역 통로를 구성하기 위해 호주와 독일 간의 HYSupply 프로젝트를 진행하고 있다. 수소연료는 향후 글로벌 에너지 전환의 핵심 요소로서 재생가능한 에너지의 전기를 저장하고 장거리로 수송하는 데 사용될 수 있다. 이에 실행 가능성의 여부를 분석하기 위해 독일-호주 간 수소 무역의 타당성 연구가 2020년 11월부터 2022년 10월까지 약 2년간 진행되고 있다.⁷⁴⁾

3) 일본

일본은 세계 2위의 선주국으로서 해상운송으로 인한 온실가스 배출량을 감소시키는 조치로 연간 500억 달러 이상을 모금하기 위해 탄소세를 지지할 것이라고 글로벌 해운규제 기관에 제시했다. 이 제안에 따르면 업계에서는 2025년도부터 2030년도까지 1톤당 56달러를 지불하고, 2030년부터 톤당 최대 135달러까지 5년마다 비용을 인상할 것을 제시했다.⁷⁵⁾

73) BMWi(2017), pp. 12-36.

74) Acatech(2020.11.13.)(검색일: 2022.7.25.)

75) Financial Times(2022.5.3.)(검색일: 2022.7.26.)

또한 선박의 탈탄소화를 위해서 「국제 해운의 제로 배출을 위한 로드맵」, 「지구온난화 대책계획」, 「그린성장전략」 등의 과제를 도입하고 있다. 2020년에 국제 해운의 제로배출을 위한 로드맵을 통해 온실가스 배출 시나리오 분석을 근거로 2050년까지 일본 선박의 탈탄소화를 위한 단계별 목표와 추진 과제를 제시하고 있다. 나아가 그린성장전략과 지구온난화 대책계획을 통해서는 LNG, 수소, 암모니아 등의 대체연료를 사용하는 선박으로 전환하기 위한 단계별 정책과제를 반영하고 있다. 또한 관련 연료들을 새롭게 2030년의 전력 수급 계획에 포함하였다.⁷⁶⁾

4) 한국

한국은 IMO의 선박 온실가스 감축 추진에 따라서 친환경 선박 보급 지원 정책을 시행하고 있다. 2020년 1월에는 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」을 시행했으며 이에 친환경 선박 1차 기본계획인 “2030 Green ship K” 수립에 따라 2030년까지 친환경 선박을 15% 전환하여 총 528척(공공 388척, 민간 140척)을 친환경 선박으로 전환할 계획이다. 이외에도 IMO의 단기적 방안에 해당하는 CII의 규제에 대응하기 위해서 국내 선사를 대상으로 2024년부터 매월 3월 말까지 DCS 데이터를 기반으로 하여 CII 값을 주관청에 보고하고 적합 확인서(SoC)를 본선에 비치하도록 한다. 이에 선사 DCS 보고시스템을 통해 연료 사용량 보고에 따라 예상 등급을 사전에 계산하고 확인할 수 있도록 마련하고, 대응 방안에 대한 선사의 교육을 받기 혹은 분기별로 시행할 예정이다.⁷⁷⁾

76) 김은미(2022), p. 15.

77) 해양수산부(2022)

2. 해외 주요선사 대응동향

1) MAERSK LINE

머스크는 세계 최대의 해운사로서 IMO의 2050년까지 이산화탄소 배출량 제로화에 따른 환경 규제에 적극 대응하기 위해 벙커유에 대한 탄소세를 석유 톤당 \$450로 제안했다. 이러한 제안은 톤당 이산화탄소의 \$150 부담금에 추가적인 제안으로서 지금부터 조치를 취하지 않으면 2050년까지 운송 부문에서의 탈탄소화를 진행할 수 없다고 주장했다.⁷⁸⁾

이러한 내용을 제안한 머스크는 2050년도까지 탄소제로를 위해 친환경 연료를 사용한 소형 컨테이너선을 운항할 계획을 가지고 있다. 머스크 회장인 소렌 스코우(Soren Skou)는 향후 2만 TEU급 이상의 대형선박을 건조하기보다는 암모니아 추진선 등의 환경오염이 적은 소형선박을 다량 발주하여 지금 선복량인 400만 TEU를 유지할 것이라고 제시했다. 또한 머스크는 선대 혁신 작업을 위한 50명으로 구성된 혁신 전담팀을 만들어 탈탄소화를 위한 선대 개편 작업에 나설 계획이다.⁷⁹⁾

한편 IMO의 환경 규제에 따라 선주는 23년 1월 1일부터 선박에서 발생하는 배출량을 추적하고 보고해야 하는 규정을 적용해야 한다. 머스크 탱커는 선박배출을 추적할 수 있는 디지털 솔루션을 개발하고 22년 6월에 출시했다. 머스크 탱커는 개발한 새로운 솔루션을 활용하여 향후 3년 동안의 예상 선박의 등급, 연도별 변화 등을 모니터링할 수 있다. 그리고 과거 데이터를 활용하여 항로나 속도를 조정하는 등 선박운항을 개선하기 위한 조치를 취할 수 있다.⁸⁰⁾

78) Ship & Bunker(2021.6.3.)(검색일: 2022.8.8.)

79) The guru(2021.1.30)(검색일: 2022.7.26.)

80) hellenic shipping news(2022.7.4.)(검색일: 2022.7.26.)

머스크 탱커는 해상 운송에 도입되는 EU ETS에 대한 방안으로 주요 산업기관과 협력하여 다가오는 규제에 대비할 수 있도록 파트너를 준비하고 있다. 선주들이 규제 도입에 원활하게 전환하기 위해 풀 시스템을 평가하고 개선할 계획이다. 온실가스 배출 데이터를 활용하여 투명성을 확보하고, 배출 보고 요구사항을 충족하며 파트너와 긴밀하게 협력하여 선박의 효율성을 지속적으로 개선할 예정이다. 또한 탈탄소 커뮤니티를 만들어 전문가들과의 지속적인 포럼을 주최하고 있다.⁸¹⁾

이 외에도 머스크는 온실가스를 줄이기 위해서 메르세데스 벤츠, 마이크로소프트, 나이키, 스타벅스 등 여러 화주들과 ‘Transform to Net Zero’를 실행했다. 이는 공급망에 참여하는 모든 기업이 순배출 제로를 달성할 수 있도록 연구, 지침 및 실행 가능한 로드맵을 개발하고 제공할 계획이다. 2025년까지 제후의 결과물을 완료하여 발표하고 2050년까지 온실가스 순 배출 제로를 달성하는데 필요한 혁신을 달성하게 하는 데 중점을 둘 예정이다.⁸²⁾

2) CMA-CGM

CMA-CGM은 최근 싱가포르 항에서 13,000TEU 선박에 액화천연가스(LNG)를 공급하는 다년계약을 2023년 하반기부터 시행하기로 SHELL과 체결했다. 이는 장기적으로 액화 바이오 메탄 및 수소기반 연료를 사용하기 위해서 LNG로 전환 중인 방식이며, LNG를 해양 연료로 사용함으로써 새로운 연료가 개발되기 이전까지 탈탄소화를 위해 노력하고 있다.⁸³⁾ 또한 CMA-CGM은 2050년까지 탄소제로의 목표를 달성하기 위해서 Jupiter 1000 프로젝트에 합류했다. Jupiter 1000 프로젝트는 저탄소 솔루션 개발의 핵심 과제로서 재생 가능한 전력에 친환경적인 수소 생산을 목표로 수

81) Hellenic shipping news(2021.9.6.)(검색일: 2022.8.5.)

82) Logistics update africa(2020.7.23.)(검색일: 2022.7.27.)

83) Offshore Energy(2022.6.28.)(검색일: 2022.7.27.)

소와 산업 공정에서 포집된 CO2를 사용하여 합성가스인 E-메탄을 생산하는 것이다. 프로젝트에 참여하며 장기적으로 LNG에서 벗어나 새로운 초저탄소 연료원으로 전환하는 속도를 더욱 가속화하고, 탄화수소의 대안을 찾기 위한 노력으로 보인다.⁸⁴⁾

3) MSC(Mediterranean Shipping Company)

2022년 MSC는 세계 1위 선사로 선박 연료에 대한 탄소세와 선박의 탈탄소화를 가속화하기 위해 IMRB(International Maritime Research and Development Board)에 탈탄소화 대체연료 연구개발 자금을 지원하고, 탄소가격제를 포함한 시장기반 조치를 다른 업계와 함께 지지하고 있다. 또한 MEPC 76에서 논의된 제안 중 탈탄소화 기술에 대한 연구개발 기금을 조성하기 위해 병커구매에 \$2/mt를 부과하는 것에 대해 지지하고 있다.⁸⁵⁾ 그리고 상업적으로 실행 가능한 저탄소 선박이나 무탄소 선박을 위한 대규모 옵션을 통해서만 탄소 가격책정이 국제 해운 탄소제로의 전환을 촉진하는 효과적인 도구가 될 수 있다고 주장했다.⁸⁶⁾

MSC에서는 IMO 탈탄소화의 정책 목표를 적극적으로 달성하기 위해 600척 이상의 선박에서 에너지 효율성을 개선하는 데 집중하고 있다. 하여, 2020년에는 2008년에 비해 CO2 배출량이 44.3% 감소를 기록했다. MSC는 해운 업계에서 가장 효율적인 선대 중 하나를 운영하고 있으며 2020년 탄소 배출량이 1% 증가했지만 운송되는 화물의 양이 3% 감소했다고 기록했다.⁸⁷⁾

84) Offshore Energy(2022.5.11.)(검색일: 2022.7.27.)

85) Ship & Bunker(2021.6.4.)(검색일: 2022.8.8.)

86) Martimegateway(2021.6.6.)(검색일: 2022.8.8.)

87) MSC(2021.8.7.)(검색일: 2022.8.8.)

4) HMM

HMM은 국내에서 가장 큰 대표 해운선사로서 IMO의 환경 규제에 선제적으로 대응하고자 국내 최초로 액화천연가스(LNG) 추진 7,700TEU급 컨테이너선 2척을 장기용선하면서 LNG 추진 컨테이너선 시장에 진출했다. 아직까지 국내 컨테이너선에 대한 LNG 병커링 인프라 구축이 되어있지 않아 용선하지 못했지만 지속적으로 LNG 추진 컨테이너선 운용을 늘릴 예정이다.⁸⁸⁾

HMM에서는 환경 규제에 즉각적으로 대응하기 위해 우선 스크러버(Scrubber)를 설치하는 방안을 마련했다. 이는 선박 디젤 엔진에서 배출되는 이산화황 저감에 가장 적합한 해결책이다. 2021년 글로벌 해운사의 스크러버 설치 선박 비율은 20%이지만 HMM은 75%로 매우 높은 비율을 보이고 있다.⁸⁹⁾ 하지만 이는 단기적인 해결방안으로서 HMM은 장기적 측면에서 친환경 대체 연료 ‘바이오중유’ 선박 실증을 2021년 12월에 완료했다. 바이오 중유는 동·식물성 기름, 바이오디젤 공정 부산물 등 미활용 자원을 원료로 만든 중유 대체 연료다.⁹⁰⁾

이러한 선박 실증은 국내 발전소에서 사용하는 바이오중유를 국내 최초로 선박에 적용한 사례이며 기존 병커C유 대비 황산화물 100%, 미세먼지 28%, 질소산화물 39%, 온실가스 85%가 저감되는 효과로 친환경성이 입증됐다.⁹¹⁾ 또한 바이오중유의 혼합비율이 증가할수록 CO2 감축량도 늘어남이 확인돼 Fit for 55의 FuelEU Maritime 규제에 대비할 수 있을 것으로 보인다.

HMM은 국내 대표 해운회사임에도 불구하고 아직 2023년부터 시행 예

88) The Guru(2022.6.28.)(검색일: 2022.7.27.)

89) 뉴스워치(2022.4.14.)(검색일: 2022.7.27.)

90) 조선비즈(2021.12.19.)(검색일: 2022.7.27.)

91) 투데이에너지(2021.12.1.)(검색일: 2022.7.27.)

정인 IMO의 환경 규제 대응이 해외 선사에 비해 다소 미흡해 보인다. 또한 해양수산부에서 2021년 5월 국내 외항선 649척을 대상으로 현존선 에너지 효율 규제(EEXI) 충족 여부를 조사한 결과에 따르면 470척(72.5%)은 규제를 충족하지 못하는 선박으로 상당수의 선박이 규제에 노출되어 있다. 중소형 선사들 같은 경우에는 IMO의 단기적 조치에 따라 선박의 온실가스 배출량을 줄이기 위해 엔진출력 제한장치를 달거나 선박 운항속도를 낮추는 방안을 활용해야 하지만 이는 임시적인 방편으로 장기적인 IMO의 시장 기반조치에 대응할 수 있는 방안이 필요한 실정이다.

제3절 소결

제2장에서는 국제적으로 환경에 대한 관심이 증가하면서 해운산업에서 적용될 예정인 환경 규제와 그에 대한 대응방안을 다루었다. 국제환경 규제 부분에서는 주요 국제 환경협약과 IMO와 EU에서 제시하고 있는 해운 산업에서의 환경 규제를 조사했다. 다음으로 해운산업의 환경 규제에 따라 각국과 주요 선사들의 대응동향을 제시함으로써 국내 해운산업의 환경 규제 대응에 대한 현 상황을 밝히고자 하였다.

전 세계적으로 환경문제에 대응하기 위해 1994년 유엔기후변화협약(UNFCCC)이 정식으로 발효되었으며, 연 1회 당사국총회(COP)를 개최하여 환경 관련 주요 기후협약에 대한 의사결정이 이루어진다. 3차 당사국총회에서는 주요 국가들의 온실가스 배출량 감축을 의무화시키기 위한 교토의정서가 채택되었으며 주요 제도로써 배출권거래제도(ETS)가 도입되었다. 2020년에 기후변화에 대응하는 교토의정서가 종료되면서 파리협정이

체결되었다. 파리협정은 산업화 이전 대비 지구 평균온도 2℃아래로 유지하고 1.5℃까지 제한하기 위한 목적으로 전 세계적으로 파리협정에 따른 감축노력이 향후 중요한 과제라고 할 수 있다.

해운산업에서도 파리협정에 따른 감축의무를 수행하기 위해서 해운에서 가장 영향력 있는 IMO에서는 IMO GHG 전략을 수립하면서 2050년까지 해운분야 배출총량을 50% 감축하겠다는 목표를 세웠다. 이에 단기적 전략으로 EEDI, EEXI, CII, SEEMP가 있으며, 이는 직접적으로 온실가스 배출과 관련이 있는 선박 설계 및 운영에 대한 조치사항이다. 중·장기 전략으로 시장기반조치의 온실가스 분담금 제도(GHG Levy)와 배출권거래제도(Cap-and-Trade)가 있으며 기술적 조치로 온실가스 연료표준제도(GHG Standard)가 논의 중에 있다.

EU에서도 파리협정의 기후목표를 달성하기 위해 2021년 Fit for 55를 제안했으며 2030년까지 온실가스 배출량의 최소 55% 감축을 목표로 한다. Fit for 55는 다양한 분야에 대한 적용이 이루어지며 해운산업과 관련된 법안으로는 해운산업으로의 배출권거래제 확대, FuelEU Maritime 도입, 에너지 세제 지침(ETD) 개정 등이 있다. 해운산업에서의 Fit for 55는 늦어도 2025년도부터 도입될 예정이기 때문에 IMO 환경 규제와 맞추어 관련 사항을 준비해야 한다.

IMO와 EU에서 도입할 환경 규제 중 탄소가격제와 관련이 있는 사항으로는 온실가스 분담금 제도(혹은 탄소세)나 배출권거래제도가 있다. 두 제도는 해운산업에는 처음으로 적용하는 조치사항으로서 혼란스러울 수 있지만 서로 간의 장단점이 존재하기 때문에 해운기업에서는 오히려 이러한 환경 규제의 상황을 다른 선사와 차별화시킬 수 있는 경쟁력 강화를 위한 기회로 활용할 필요가 있다.

아울러 환경 규제에 따른 주요 국가의 대응 동향을 파악하기 위해 여러 사례를 조사해보았다. 먼저 싱가포르는 친환경선박프로그램과 TUAS 스마트항만개발, 지속가능한 환경 및 에너지를 위한 로드맵을 구성하고 있다. 독일은 Maritime agenda 2025에서의 환경보호 등의 전략수립과 수소연료를 위한 무역의 실행 가능성을 분석하고 있다. 일본은 국가적 차원에서 해상 운송의 탄소세를 지지하며, 2050년까지 국제 해운의 탈탄소화를 위한 단계별 목표와 추진과제를 제시하고 있다.

주요 선사를 대상으로 사례를 조사한 결과 MAERSK LINE은 병커유에 대한 톤당 \$450의 탄소세를 제안하고 있으며 환경오염이 적은 암모니아 추진선 발주, Transform to Net Zero 등 환경 규제에 적극적으로 대응하고 있다. CMA-CGM은 화석연료 투자철회운동과 친환경적인 수소에너지 생산 프로젝트인 Jupiter 1000에 합류하면서 탄화수소의 대안을 찾기 위해 노력하고 있다. MSC 또한 IMO의 시장기반조치에 대해 지지하며 자사 선박의 에너지 효율성을 개선하는 데 집중하고 있다.

우리나라는 IMO의 온실가스 감축 추진에 따라서 친환경 선박 보급 지원 정책과 환경 규제 대응방안에 대한 교육을 시행할 예정이다. 국내 대표 해운선사인 HMM은 LNG 추진 컨테이너선을 지속적으로 늘리고, 단기적으로 스크리버 설치를 통해 온실가스 배출을 줄일 계획이다. 또한 Fit for 55의 FuelEU Maritime 규제에 대비하기 위해서 친환경 대체 연료인 ‘바이오 증유’에 대한 선박 실증을 완료했다.

그러나 우리나라와 국적선사의 대응은 주로 단기적 측면에서의 조치가 대부분으로 해외의 대응 사례와 비교해봤을 때 다소 미흡한 편이다. 2023년부터 시행 예정인 환경 규제에 대해 국내의 상당수 선박이 규제 대상에 노출되어 있는 상황으로 국제 환경 규제에 제대로 대응하지 못할 경우 국내 해운기업의 손해가 예상되는 상황이다.

본 연구에서는 국내 선사를 대상으로 시장기반조치(탄소세, 배출권거래제)에 따른 환경 규제 도입이 해운기업에 미치는 영향에 대해서 분석하고, 결론적으로 친환경 선박 프로젝트를 위해 녹색기금 등과 같이 환경 규제에 대응할 수 있는 새로운 방안의 필요성을 제시한다.

03

우리나라 해운기업의 탄소배출량 추정

제1절 분석개요와 기초자료

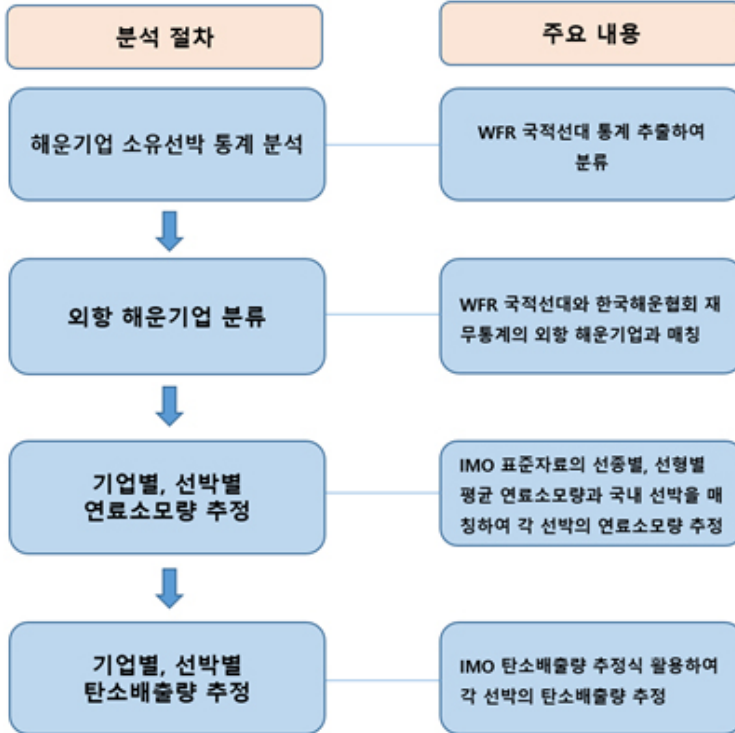
1. 분석개요

제3장에서는 제4차 IMO GHG 연구에서 사용된 상향식(Bottom-up) 방법을 활용하여 우리나라 해운기업의 탄소배출량을 추정한다.

이를 위해 먼저 우리나라 해운기업의 클락슨 WFR(World Fleet Register) 보유 선박 통계를 추출한다. WFR의 통계는 한국 소유 선박을 기준으로 분류하기 때문에 시도상선 등 실제 우리나라에서 운영하지 않는 선박 등도 다수 포함된다. 따라서 본 연구에서는 한국해운협회 국적선사 재무정보와 WFR 해운기업 소유선박 현황 자료와 매칭되는 해운기업을 대상으로 연료소모량 및 탄소배출량을 산정한다.

둘째, IMO의 상향식 방법을 활용해 우리나라 해운기업의 선박을 IMO 표준자료와 매칭하여 각 선박의 연간 연료소모량을 추정한다. 그리고 마지막으로 IMO의 탄소배출량 추정식을 적용하여 각 선박의 연간 탄소배출량을 추정한다.

〈그림 3-1〉 탄소배출량 분석개요



자료: 저자 작성

2. 분석 기초자료

본 연구에서는 우리나라 해운기업의 연료소비량과 탄소배출량을 추정하기 위한 기초 데이터로 클락슨 WFR(World Fleet Register)에서 제공하는 우리나라 해운기업의 소유선박 통계, 한국해운협회에서 집계하는 우리나라 해운기업 재무통계, 그리고 IMO에서 분석한 IMO 2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료를 사용했다.

〈표 3-1〉 자료 설명 및 출처

설명	출처
우리나라 해운기업의 소유선박 통계	• Clarksons Research WFR(World Fleet Register)
우리나라 해운기업 재무통계	• 한국해운협회
2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료	• IMO

자료: WFR(검색일: 2022.5.30.), IMO(2020)

먼저 클락슨 WFR(World Fleet Register)에서 우리나라 해운기업 소유 선박 통계를 추출하고, 선박의 선종, 크기, 중량, 선령, 선주사, 운항사, 스크러버 유무, 주 엔진 연료 종류, 속력 등의 항목을 기준으로 정리했다. 정리한 통계를 살펴보면 2022년 5월 기준 해운기업은 444개, 선박은 1,783척이다. 선종별로 벌크선 367척, 케미컬 탱커(chemical tanker) 282척, 컨테이너 217척, 유조선(crude tanker) 76척, 일반화물선(general cargo) 410척, LNG 49척, LPG 86척, 제품선(product tanker) 296척이다. 주요 보유 선대는 일반화물선과 벌크선, 케미컬탱커, 제품선이 주를 이루고 있다.

〈표 3-2〉 우리나라 해운기업 소유선박 통계

선종별	선박 사이즈	척수	GT	DWT
벌크선 Bulkers	10000-34999	56	882,128	1,358,004
	35000-59999	56	1,687,326	2,828,691
	60000-99999	92	3,873,744	7,053,958
	100000-199999	93	8,382,652	16,057,998
	200000-+	70	10,468,345	20,184,303
	소계	367	25,294,195	47,482,954
케미컬 탱커선 Chemical Tankers	0-4999	109	199,048	283,821
	5000-9999	70	347,972	512,560
	10000-19999	98	849,033	1,376,876
	20000-39999	5	104,902	167,528
	소계	282	1,500,955	2,340,785

선종별	선박 사이즈	척수	GT	DWT
컨테이너선 Containerships	0-999	48	333,198	436,791
	1000-1999	72	980,672	1,226,461
	2000-2999	17	470,129	589,608
	3000-4999	29	1,339,234	1,650,738
	5000-7999	20	1,397,677	1,542,384
	8000-11999	6	603,716	665,946
	12000-14499	5	709,340	736,737
	14500-19999	8	1,216,024	1,287,415
	20000-+	12	2,759,536	2,773,437
	소계	217	9,809,526	10,909,517
유조선 Crude Tankers	80000-119999	19	1,207,157	2,139,295
	200000-+	57	9,066,504	17,644,947
	소계	76	10,273,661	19,784,242
일반화물선 General Cargo	0-4999	301	383,305	616,945
	5000-9999	79	378,477	557,015
	10000-19999	18	169,963	247,614
	20000-+	12	6,264	0
	소계	410	938,009	1,421,574
LNG	0-49999	4	47,279	29,280
	100000-199999	45	4,707,673	3,709,092
	소계	49	4,754,952	3,738,372
LPG	0-49999	60	231,303	253,118
	50000-99999	26	1,234,518	1,406,383
	소계	86	1,465,821	1,659,501
제품선 Product Tankers	0-4999	179	149,980	289,897
	5000-9999	12	56,202	77,159
	10000-19999	1	5,960	11,816
	20000-39999	1	23,505	37,764
	40000-+	103	3,525,257	5,974,588
	소계	296	3,760,904	6,391,224
		1,783	57,798,023	93,728,169

자료: Clarksons WFR(2022.5.30. 검색일 기준) 자료 바탕으로 저자 작성

두 번째 자료는 우리나라 해운기업 재무정보로 한국해운협회에서 정리된 통계를 활용한다. 2000년부터 2021년까지 우리나라 해운기업의 손익계산서와 대차대조표를 포함한다. 2021년 우리나라 해운기업 손익계산서 기준 해운기업은 총 127개이며 클락슨 WFR 우리나라 해운기업 운항선박 자료와 매칭하여 분석 대상 해운기업을 추출한다. 해운기업 127개 중에서 클락슨 WFR 우리나라 해운기업 운항선박 자료와 매칭되는 해운기업은 95개이다. 95개 해운기업에는 A사, B사, C사, D사 4개 상장 해운기업도 포함된다.

세 번째 자료는 IMO의 2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료이다. IMO 선대별 표준 자료는 선형, 선박 크기, 평균 DWT, 평균 설계 전력(kW), 평균 설계 속력(kn), 평균 항해 일수, 평균 항해 속력, 평균 항해 거리, 평균 연료소모량(kt), 총 온실가스 배출량(백만 톤), 총 이산화탄소 배출량(백만 톤) 등이 포함된다. IMO의 2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료를 바탕으로 선박 크기에 따라 주 엔진, 보조엔진, 보일러의 평균 연간 연료소모량(Kt)을 산출한다. 연료소모량과 탄소배출량을 산출하기 위해서 클락슨 WFR 우리나라 해운기업 운항선박 자료를 IMO 2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료 기준에 맞추어 정리한다.

제2절 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정

1. 연료소모량과 탄소배출량 산정 방법

IMO는 연료소모량과 탄소배출량을 산정하기 위해서 매년 전 세계 선박에 대해 총 해상에서 보낸 시간, 이동 거리, 평균 운영 속도 및 기타 중요한 지표 측면에서 전 세계 선박에 대해 조사를 수행하고 있다. IMO의 배출량

산정을 살펴보면 2012년부터 2018년까지의 연간 총 온실가스 배출량을 포함하며 2008년 탄소 집약도 산정치를 계산한다. 미래 탄소배출량 전망은 2018년부터 2050년까지의 기간을 다루며 선박에서 배출되는 주요 온실가스인 이산화탄소(CO_2)에 초점을 맞추어 예측한다.

IMO의 분석 범위를 살펴보면 내항·외항 100GT 이상의 선박에서 배출되는 온실가스(GHG) 및 관련 물질의 글로벌 배출량이 포함된다. 배출량은 총 합계로 표시되며 선종별, 선형별로 세분화된다. 온실가스의 종류에는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFC), 과불화탄소(PFC) 및 육불화황(SF₆)이 포함된다. 기타 관련 물질로는 질소산화물(NO_x), 비메탄 휘발성 유기 화합물(NMVOC), 일산화탄소(CO), 미립자 물질(PM) 및 황산화물(SO_x). 블랙카본(BC)가 포함된다.⁹²⁾

상향식(Bottom-up) 방법은 지속적으로 IMO GHG 연구에서 수행한 방법으로 개별 선박의 운영 활동을 설명하는 AIS(Automatic Identification System) 전송 데이터를 활용하여 배출량 추정치를 도출하는 방법이다. 이 데이터는 개별 선박이 데이터베이스를 사용하여 운항 중인 선박에 대해 매년 선박당 시간당 연료 소비 및 배출을 계산하는 데 사용된다. 상향식 방법은 AIS 데이터를 사용하여 항구 기항을 식별하고, 이후에 국제 및 국내 운송을 구별하기 위해 개별 항해를 할당하는 기술에 의해 좀 더 정확한 데이터 수집이 가능하다. 또한 이 방법은 IPCC 지침 사항과 정의와 일치하기 때문에 연료소모량과 탄소배출량을 더 정확하게 산정할 수 있다.⁹³⁾

92) IMO(2020), pp. 29~30.

93) IMO(2020), p. 31.

1) 연료소모량 산정 방법

따라서 본 연구에서는 연료소모량 산정을 위해 IMO GHG 연구에서 지속적으로 수행한 상향식(Bottom-up) 방법을 활용한다. 연료소모량은 주 엔진(Main engine), 보조 엔진(Auxiliary engine) 및 보일러(Boiler)에 고유한 선박의 시간당 연료소모량(FC_i)은 방정식 (1)을 사용하여 동일한 추정 방법으로 산정된다.⁹⁴⁾

$$FC_i = SFC_i \cdot W_i \quad (1)$$

식(1)에서 W_i 는 주어진 시스템 주 엔진(main engine)의 시간당 전력 요구량(power demand)이고, SFC_i 는 각 시스템의 시간당 특정 연료 소모(specific fuel consumption)를 나타낸다.⁹⁵⁾

제4차 IMO GHG 연구는 2018년 기준 GHG 관련 선사의 분석 결과를 정리하여 보여주고 있으며, 선종별, 선형별로 평균 연료소모량을 제시한다. <표 3-3>은 2018년 기준 선사의 온실가스 분석 결과로 주 엔진(Main Engine), 보조엔진(Auxiliary Engine), 보일러(Boiler)의 평균 연료소모량(Kt)을 보여준다.

IMO의 「2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료」를 기준으로 WFR에서 추출한 우리나라 해운기업 선박운항 현황을 선종, 선박크기, 중량(GT, DWT, CU M), 선주사, 운항사, 스크러버 유무, 주 엔진 연료 유형, 속력 등을 기준으로 정리한다. IMO 「2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료」에 나와있는 평균 연료소모량(kg)을 기준으로 1,783척의 주 엔진, 보조 엔진, 보일러의 평균 연료소모량을 추정한다.

94) IMO(2020), p. 70.

95) IMO(2020), p. 70.

〈표 3-3〉 2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료

선종	선박 사이즈	평균 DWT (톤)	평균 설계 전력 (kW)	평균 설계 속력 (kn)	평균 항해 일수	평균 항해 속력 (kn)	평균 연료소모량(kt)		
							주 엔진	보조 엔진	보일러
벌크선 (DWT)	0-9999	4,271	1,796	11.8	178	9.3	1	0.3	0.1
	10000 -34999	27,303	5,941	13.8	177	11	2.8	0.3	0.1
	35000 -59999	49,487	8,177	14.3	184	11.4	3.7	0.4	0.2
	60000 -99999	76,147	9,748	14.4	214	11.4	4.9	0.7	0.3
	100000 -199999	169,868	16,741	14.5	252	11.2	9.2	0.7	0.2
	200000+	251,667	20,094	14.6	258	11.8	12.7	0.7	0.2
케미컬 탱커선 (DWT)	0-4999	4,080	987	12.2	168	9.6	0.8	0.3	0.9
	5000 -9999	7,276	3,109	12.9	185	10.3	1.6	0.8	0.7
	10000 -19999	15,324	5,101	13.8	190	11.4	2.7	0.8	1
	20000 -39999	32,492	8,107	14.7	202	12.1	4.5	1.2	1.3
	40000+	48,796	8,929	14.6	201	11.9	4.7	1.2	1.2
컨테 이너선 (TEU)	0-999	8,438	5,077	16	196	11.8	2.6	0.7	0.4
	1000 -1999	19,051	12,083	19	210	13.4	5.1	1.5	0.4
	2000 -2999	34,894	20,630	21.1	220	14.2	7.9	1.5	0.6
	3000 -4999	52,372	34,559	23.1	246	14.7	12.7	2.4	0.5
	5000 -7999	74,661	52,566	24.6	258	15.7	20.3	2.4	0.5
	8000 -11999	110,782	57,901	23.9	261	16.3	26.4	2.9	0.5
	12000 -14499	149,023	61,231	23.8	246	16.3	27.2	3.3	0.6

선종	선박 사이즈	평균 DWT (톤)	평균 설계 전력 (kW)	평균 설계 속력 (kn)	평균 항해 일수	평균 항해 속력 (kn)	평균 연료소모량(kt)		
							주 엔진	보조 엔진	보일러
	14500 -19999	179,871	60,202	20.2	250	16.5	26.7	3.7	0.6
	20000+	195,615	60,210	20.3	210	16.3	21	3.6	0.9
일반 화물선 (DWT)	0-4999	2,104	1,454	11.1	170	8.8	0.6	0.1	0
	5000 -9999	6,985	3,150	12.7	176	9.8	1.4	0.3	0.2
	10000 -19999	13,423	5,280	14	192	11.4	2.8	0.8	0.2
	20000+	36,980	9,189	15	197	11.9	4.5	0.8	0.2
	0-49999	8,603	2,236	14.2	190	11.7	2.4	0.4	1.1
가스선 (CBM)	50000 -99999	52,974	12,832	16.4	229	14.1	8.9	3	0.8
	100000 -199999	83,661	30,996	19	271	14.9	22.2	4.4	1
	200000+	121,977	36,735	19.2	252	16	26.3	11.7	1.9
	0-4999	3,158	966	11.4	135	8.7	0.5	0.4	0.7
탱커선 (DWT)	5000 -9999	6,789	2,761	12.1	142	9.1	0.9	0.6	0.9
	10000 -19999	14,733	4,417	12.9	136	9.8	1.4	0.9	1.4
	20000 -59999	43,750	8,975	14.6	166	11.2	3.4	1	2.8
	60000 -79999	72,826	11,837	14.8	194	11.6	5.2	1	2.8
	80000 -119999	109,262	13,319	14.8	195	11.2	5.4	1.2	3.1
	120000 -199999	155,878	17,446	15.1	220	11.4	8	1.8	3.5
	200000+	307,866	27,159	15.5	252	11.9	14.5	1.7	3.1

자료: IMO(2020), pp. 446-448.

2) 탄소배출량 산정 방법

제4차 IMO GHG 연구에서 주 엔진, 보조 엔진 및 보일러 등 각 시스템의 시간당 온실가스 배출량을 산출하기 위해 두 가지 방법을 제시한다.

첫 번째 방법은 에너지 기반(Energy-based) 배출량 추정법이다. 오염물질 배출량(g pollutant/kWh)은 에너지 기반 배출 계수(EF_e)와 엔진/보일러의 출력(W_i)을 곱하여 계산한다. 에너지 기반 추정법으로 구할 수 있는 오염물질에는 질소 산화물(NO_x), 메탄(CH_4), 일산화탄소(CO), 아산화질소(N_2O), 특정 물질($PM_{2.5}$ 및 PM_{10}) 및 비메탄 휘발성 유기 화합물($NM VOC$)이 포함된다. 시간당 배출량(EM_i) 공식은 식(2)를 활용한다.⁹⁶⁾

$$EM_i = EF_e \cdot W_i \quad (2)$$

두 번째는 연료 기반(fuel-based) 배출량 추정법으로 연료 및 엔진 유형에서 발견되는 오염 물질의 양에 따라 오염물질을 구할 수 있다. 오염물질 배출량(EM_i)은 식 (3)과 같이 시간당 연료 소비(FC_i)에 연료기반 배출계수(EF_f)를 곱하여 계산한다. 배출량(EM_i)은 g pollutant/g fuel로 표시한다. 연료기반 배출량 추정법으로 계산할 수 있는 오염물질에는 이산화탄소(CO_2), 황산화물(SO_x) 및 해양디젤엔진(marine diesel engines)의 경우 블랙카본(BC: black carbon)이 포함된다. LNG 엔진, 증기터빈 및 가스터빈은 에너지 기반 블랙카본 배출 계수만 있지만 특정 연료 소비 가정을 통해 연료 기반으로 변환할 수 있다.⁹⁷⁾

96) IMO(2020), p. 72.

97) IMO(2020), p. 72.

$$EM_i = FC_i \cdot EF_f \quad (3)$$

온실가스에는 이산화탄소(CO_2)를 포함해 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O) 등이 포함되며 이산화탄소(CO_2) 배출량을 추정하려면 연료기반(Fuel-Based) 배출량 추정방정식을 사용한다. 따라서 식(3)을 활용하여 앞에서 구한 선박 연료소모량(FC_i)에 이산화탄소에 정해진 배출계수(EF_f)를 곱하면 총 탄소배출량을 구할 수 있다.

따라서 탄소배출량을 산정하려면 이산화탄소에 정해진 배출계수(EF_f)를 구해야 한다. IMO는 EEDI 가이드라인을 제공하며 가이드라인에는 연료 유형별 질량 기반 이산화탄소(CO_2) 배출계수(EF_f : Emission Factor)를 제시하고 있다.

이산화탄소 배출계수(EF_f)를 구하려면 먼저 주 엔진 연료 종류를 2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a)에서 제공하는 연료 유형에 맞추어 분류해야 한다. 2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a)은 연료 유형을 HFO, MDO, LNG, 메탄올, LSHFO 1.0% 5가지로 분류한다. MDO는 일반적으로 MGO를 포함하는 증류유(distillate marine fuel)를 나타낸다. LSHFO 1.0%의 경우 HFO와 동일한 탄소 함량과 EF_f 를 가진다고 가정한다. 특히 파일럿 연료(pilot fuel)가 있는 엔진의 경우 파일럿 연료에 의해 생성된 CO_2 의 양은 배출된 CO_2 질량에 따라 주 연료와 파일럿 연료의 연료 혼합에 가중치를 주어 EF_f 에 통합된다.⁹⁸⁾

WFR 해운기업 선박운항 자료의 주 엔진 연료 유형은 IFO180, IFO380, LNG VLS IFO, LNG VLS MDO, LNG VLS MGO, VLS IFO, VLS MDO, VLS MGO 8가지로 분류된다. 2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a)에 따

98) IMO(2020), p. 74.

라 IFO180, IFO380, VLS IFO는 HFO로, LNG VLS IFO, LNG VLS MDO, LNG VLS MGO는 LNG로, VLS MDO, VLS MGO는 MDO로 분류한다. 주 엔진 연료 유형이 나와있지 않은 경우는 HFO로 분류한다.

〈표 3-4〉 주 엔진 연료 유형 분류

2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a)	Clarksons WFR
HFO	IFO180
	IFO380
	VLS IFO
MDO	VLS MDO
	VLS MGO
LNG	LNG VLS IFO
	LNG VLS MDO
	LNG VLS MGO
메탄올	-
LSHFO 1.0%	-

자료: 저자 작성

주 엔진 연료를 2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a) 기준으로 분류하면 해당 연료의 배출계수를 구할 수 있다. 〈표 3-5〉는 2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a)에서 제공하는 연료 유형별 질량 기반 이산화탄소(CO_2) 배출계수(Emission Factor, EF_f)이다.⁹⁹⁾ 〈표 3-5〉를 기준으로 각 선박의 이산화탄소(CO_2) 배출계수(EF_f : Emission Factor)를 구한다.

99) IMO(2020), p. 74.

〈표 3-5〉 연료 종류별 연료기반 탄소 함량 및 이산화탄소 배출계수(EF_f)

연료 종류	탄소 함량	$EF_f(g\ CO_2/g\ 연료)$
HFO	0.8493	3.114
MDO	0.8744	3.206
LNG	0.7500	2.750
메탄올	0.3750	1.375
LSHFO 1.0%	0.8493	3.114

주: HFO와 LSHFO 1.0%는 황 함량이 다른 것이지, 이산화탄소 배출계수는 같음
 자료: IMO(2020), p. 48.

2. 우리나라 해운기업 연료소모량 추정 결과

클락슨 WFR의 우리나라 해운기업 선박운항 자료 기준 분석대상은 우리나라 해운기업 95개이며 총 1,094척 선박의 연간 연료소모량(Kt)과 탄소 배출량을 추정했다. 우리나라 해운기업 95개의 연간 연료소모량 합은 약 9,211킬로톤이다.

선종별, 선형별로 살펴보면 벌크선은 총 309척이며 연간 연료소모량은 2,581킬로톤이다. 케미컬 탱커선은 총 202척으로 연간 연료소모량은 669킬로톤이다. 컨테이너선은 총 209척으로 연간 연료소모량은 2,591킬로톤이다. 유조선은 총 67척으로 연간 연료소모량은 1,159킬로톤이다. 일반화물선은 총 104척으로 연간 연료소모량은 137킬로톤이다. LNG선은 총 36척으로 연간 연료소모량은 970킬로톤이다. LPG선은 59척으로 연간 연료소모량 433킬로톤이다. 제품선은 108척으로 연간 연료소모량 672킬로톤이다. 벌크선, 케미컬 탱커선, 컨테이너선은 척수가 많은 만큼 총 연료소모량의 대부분을 차지하고 있다.

〈표 3-6〉 선종별 우리나라 해운기업 연간 연료소모량(kt)

선종별	선박 사이즈	척수	DWT	평균 선령	연간 연료소모량 (kt)	연간 탄소배출량 (백만 톤)
벌크선 Bulkers	10000-34999	31	925,874	13	99	0.31
	35000-59999	42	2,096,152	12	181	0.56
	60000-99999	78	6,033,350	11	460	1.43
	100000-199999	88	15,227,554	12	889	2.75
	200000-+	70	20,184,303	5	952	2.96
	소계	309	44,467,233	10	2,581	8.02
케미컬 탱커선 Chemical Tankers	0-4999	68	182,671	18	136	0.42
	5000-9999	50	351,635	15	155	0.48
	10000-19999	84	1,196,109	16	378	1.18
	20000-39999	-	-	-	-	-
	소계	202	1,730,415	16	669	2.08
컨테이너선 Container ships	0-999	43	405,091	22	159	0.50
	1000-1999	72	1,226,461	11	504	1.57
	2000-2999	17	589,608	12	170	0.53
	3000-4999	26	1,480,493	16	406	1.26
	5000-7999	20	1,542,384	15	464	1.44
	8000-11999	6	665,946	12	179	0.56
	12000-14499	5	736,737	9	156	0.48
	14500-19999	8	1,287,415	2	248	0.77

선종별	선박 사이즈	척수	DWT	평균 선령	연간 연료소모량 (kt)	연간 탄소배출량 (백만 톤)
	20000-+	12	2,773,437	3	306	0.95
	소계	209	10,707,572	13	2,591	8.07
유조선 Crude Tankers	80000- 119999	14	1,591,658	3	136	0.39
	200000-+	53	16,412,958	8	1,023	3.19
	소계	67	18,004,616	7	1,159	3.57
일반화물선 General Cargo	0-4999	62	196,759	20	43	0.14
	5000- 9999	35	233,214	16	67	0.21
	10000- 19999	7	91,640	16	27	0.08
	20000-+	-	-	-	-	-
	소계	104	521,613	18	137	0.43
LNG	0-49999	1	5,320	6	4	0.01
	100000- 199999	35	2,830,768	20	966	2.88
	소계	36	2,836,088	20	970	2.89
LPG	0-49999	36	193,675	17	140	0.44
	50000- 99999	23	1,229,950	7	292	0.91
	소계	59	1,423,625	13	433	1.35
제품선 Product Tankers	0-4999	13	32,225	29	26	0.08
	5000- 9999	7	46,407	12	22	0.07
	10000- 19999	-	-	-	-	0.00
	20000- 39999	1	37,764	2	7	0.02
	40000-+	87	4,997,644	8	618	1.92
	소계	108	5,114,040	11	672	2.09
총합계		1,094	84,805,202	-	9,211	28.50

주: 소계 값 중 평균 선령은 소계가 아닌 각 선종별 평균 선령임

자료: Clarksons Research(검색일: 2022.5.30.) 자료를 바탕으로 저자 작성

우리나라 상장 해운기업은 4개로 상장 해운기업별 연료소모량을 살펴보면 A사는 총 57척을 선박을 보유하고 있으며 856만DWT이다. 연간 연료소모량은 1,284킬로톤이다. B사는 총 110척의 선박을 보유하고 있으며 연간 연료소모량은 858킬로톤이다. C사는 총 39척을 보유하고 있으며 연간 연료소모량은 373킬로톤이다. D사는 총 29척을 보유하고 있으며 연간 연료소모량은 217킬로톤이다.

〈표 3-7〉 우리나라 해운기업 연료소모량 추정 결과

해운기업	척수	DWT	평균 연료소모량(kt)			연간 연료소모량(Kt)
			평균 주 엔진	보조엔진	보일러	
A사	57	8,555,754	19	3	1	1,284
B사	110	12,967,940	7	1	0	858
C사	39	5,845,885	8	1	1	373
D사	29	872,256	5	2	1	217
95개사 합계	1,094	84,805,202				9,211

자료: Clarksons Research(검색일: 2022.5.30.) 자료를 바탕으로 저자 작성

3. 우리나라 해운기업 탄소배출량 추정 결과

1) 우리나라 해운기업 선종별 탄소배출량 추정 결과

우리나라 해운기업의 총 탄소배출량은 총 1,094척에 대해 2,850만 톤이다. 우리나라 해운기업의 탄소배출량을 선종별로 살펴보면 벌크선 총 309척의 연간 탄소배출량은 802만 톤, 케미컬 탱커선 202척의 연간 탄소배출량은 208만 톤, 컨테이너선 209척의 연간 탄소배출량은 807만 톤, 원유탱커 67척의 연간 탄소배출량은 357만 톤, 일반화물선 1,004척의 연간 탄소배출량은 43만 톤, LNG선 36척의 연간 탄소배출량은 289만 톤, LPG선 59척의 연간 탄소배출량은 135만 톤, 제품선 108척의 연간 탄소배출량은 209만 톤으로 나타났다.

〈표 3-8〉 선종별 탄소배출량 추정 결과

선형	척수	DWT	연간 연료소모량(Kt)	연간 탄소배출량(톤)
Bulkers	309	44,467,233	2,581	8,020,340
Chemical Tankers	202	1,730,415	669	2,084,186
Containerships	209	10,707,572	2,591	8,068,374
Crude Tankers	67	18,004,616	1,159	3,572,884
General Cargo	104	521,613	137	425,539
LNG	36	2,836,088	970	2,888,246
LPG	59	20,184,303	433	1,346,805
Product Tankers	108	5,114,040	672	2,094,323
합계	1,094	84,805,202	9,211	28,500,697

자료: Clarksons Research(검색일: 2022.5.30.) 자료를 바탕으로 저자 작성

2) 상장 해운기업별 탄소배출량 추정 결과

〈표 3-9〉는 현재 보유 선대 기준으로¹⁰⁰⁾ 상장 해운기업 4개의 연간 탄소배출량을 보여준다. 상장 기업별 연간 탄소배출량 결과를 살펴보면 A사는 약 400만 톤, B사는 약 267만 톤, C사는 약 116만 톤, D사는 약 67만 톤을 배출하는 것으로 나타났다. A사는 B사 대비 보유 선박 대수가 약 절반 수준이지만 탄소배출량이 가장 많은 것으로 나타났다. 선대가 적는데 탄소배출량이 많은 이유는 A사의 보유 선대 중 82%가 컨테이너선이기 때문이다. 컨테이너선은 다른 선종에 비해 평균 항해 일수가 많고 저속 항해를 하는 경우가 많기 때문에 연료소모량이 높게 나타나면서 탄소배출량이 많아진다. 따라서 기업별 보유 선대의 특성이 총 탄소배출량에 영향을 미치는 주요한 요인 중 하나라 볼 수 있다.

100) Clarksons Research(검색일: 2022.5.30.) 자료

〈표 3-9〉 상장 해운기업 탄소배출량

해운기업	척수	DWT	연간 연료소모량(Kt)	연간 탄소배출량(톤)
A사	55	8,442,798	1,275	3,997,130
B사	110	12,967,940	858	2,671,015
C사	39	5,845,885	373	1,162,456
D사	29	872,256	217	674,860
95개사 합계	1,094	84,805,202	9,211	28,500,697

자료: Clarksons Research(검색일: 2022.5.30.) 자료를 바탕으로 저자 작성

상장 해운기업의 선종별 보유 선박 비중과 연간 탄소배출량을 살펴보면 A사는 컨테이너선 45척을 보유하고 있으며 총 선박의 82%를 차지한다. B사는 벌크선 81척을 보유하고 있으며 총 선박의 74%를 차지한다. 총 보유 선박 척수는 A사(55척)보다 B사(110척)가 2배 더 많지만 연간 탄소배출량은 A사가 397만 톤, B사가 267만 톤으로 A사가 더 높은 것으로 나타났다. 컨테이너선이 벌크선이나 유조선에 비해 평균 항해 일수가 많고 저속 항해하는 데 제한이 있기 때문에 탄소배출량이 높게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

C사도 B사와 같이 벌크선 비중이 82%로 대부분을 차지하고 B사보다 벌크선 척수가 적은 만큼 탄소배출량도 낮게 나타났다. D사는 LPG선이 20척으로 총 보유 선박의 69%를 차지하고 있으며 탄소배출량은 매우 낮은 것으로 나타났다.

〈표 3-10〉 해운기업 선종별 비중 및 탄소배출량

단위: 척, %, 만 톤

상장 해운 기업	선형	Bulkers	Chemical Tankers	Contain- erships	Crude Tankers	General Cargo	LNG	LPG	Product Tankers	합계
A사	척수(척)	4	0	45	5	0	0	0	1	55
	선종별 비중(%)	7%	0%	82%	9%	0%	0%	0%	2%	100%
	연간 탄소 배출량 (만 톤)	10	0	355	30	0	0	0	2	397
B사	척수(척)	81	6	5	2	0	2	0	14	110
	선종별 비중(%)	74%	5%	5%	2%	0%	2%	0%	13%	100%
	연간 탄소 배출량 (만 톤)	197	8	9	12	0	10	0	31	267
C사	척수(척)	32	0	0	4	0	0	0	3	39
	선종별 비중(%)	82%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	8%	100%
	연간 탄소 배출량 (만 톤)	86	0	0	24	0	0	0	7	116
D사	척수(척)	0	8	0	0	0	0	20	1	29
	선종별 비중(%)	0%	28%	0%	0%	0%	0%	69%	3%	100%
	연간 탄소 배출량 (만 톤)	0	5	0	0	0	0	60	2	67

주: Clarksons Research(검색일: 2022.5.30.) 추출

자료: 저자 작성

제3절 소결

제3장에서는 제4차 IMO GHG 연구에서 사용한 상향식(Bottom-up) 방법을 활용하여 우리나라 해운기업의 탄소배출량을 추정했다. 상향식(Bottom-up) 방법은 IMO GHG 연구에서 지속적으로 활용한 분석 방식으로 AIS(Automatic Identification System) 전송 데이터를 활용하여 탄소배출량 추정치를 도출한다. 상향식 방법은 IPCC의 지침 사항과 일치하기 때문에 연료소모량과 탄소배출량을 더 정확하게 산정할 수 있다는 장점이 있다. 즉 상향식 방식(Bottom-up)은 연료소모량을 바탕으로 탄소배출량을 산정한다.

우리나라 해운기업의 탄소배출량을 추정하기 위해 우리나라 해운기업 운항선박 통계 및 재무자료, IMO 2018년 상향식(Bottom-up) 방식의 선대별 표준 자료를 활용하고 가공했다. 먼저 클락슨 WFR(World Fleet Register)에서 추출한 우리나라 해운기업 운항선박 통계를 IMO의 「2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료」를 기준으로 정리했다. 2022년 5월 기준 우리나라 해운기업은 444개, 선박 1,783척이며 약 5,779만 GT 규모이다. IMO 「2018년 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료」의 평균 연료소모량(kt)을 기준으로 선박 1,783척의 주 엔진, 보조엔진, 보일러의 평균 연료소모량을 구했다.

탄소배출량을 산정하기 위해서는 시간당 연료 소비(FC_i)에 연료기반 배출계수(EF_f)를 곱하여 계산한다. 이산화탄소 배출계수(EF_f)를 구하기 위해서 먼저 주 엔진 연료 종류를 2018 EEDI 가이드라인(IMO, 2018a)에서 제공하는 연료 유형에 맞추어 분류했다. 분류된 이산화탄소 배출계수(EF_f)에 시간당 연료소비를 곱하여 선종별, 해운기업별 연간 탄소배출량을 추정했다.

클락슨 WFR 데이터 기준 우리나라 해운기업 총 95개사, 1,094척에 대한 연료소모량은 9,211킬로톤, 탄소배출량은 약 2,850만 톤으로 분석된다. 선종별로 살펴보면 벌크선의 경우 309척으로 척 수가 가장 많으며 연간 연료소모량은 2,581킬로톤이며, 연간 탄소배출량은 약 802만 톤으로 나타났다. 반면 컨테이너선의 경우 척수는 209척으로 벌크선보다 적지만 연간 연료소모량은 2,591킬로톤, 연간 탄소배출량은 807만 톤으로 벌크선보다 높게 나타났다. 세 번째로 연간 탄소배출량이 높은 선종은 유조선으로 67척에 대한 연간 연료소모량은 1,159킬로톤, 연간 탄소배출량은 357만 톤으로 나타났다. 벌크선, 컨테이너선, 유조선은 척수가 많은 만큼 총 연료소모량과 탄소배출량의 대부분을 차지하고 있다.

우리나라는 일부 대형선사가 많은 선박을 집중적으로 보유하고 있다. 보유 선박이 많을수록 시장기반조치 도입에 따른 영향을 크게 받을 가능성이 높기 때문에 선박 보유량이 많은 선사를 중심으로 개별 분석을 진행했다. 선박 보유량이 많은 선사는 장금상선, B사, SK해운, A사, H-Line 해운, C사 등이며 이 중에서 A사, B사, C사, D사 4개의 상장 해운기업을 중심으로 분석했다. 선박 보유량 순위가 아닌 상장 해운기업을 분석 대상기업으로 선정한 것은 제4장에서 상장 해운기업의 재무건전성을 분석하기 위함이다.

상장 해운기업별 분석 결과를 살펴보면 A사는 선박 척수 55척으로 B사에 비해 적지만 컨테이너선을 많이 보유하고 있기 때문에 연간 연료소모량이 1,275킬로톤, 연간 탄소배출량은 397만 톤으로 연료소모량과 탄소배출량 모두 4개 선사 중 가장 높게 나타났다. B사는 총 110척으로 A사 대비 2배의 선박을 보유하고 있으나¹⁰¹⁾ 연간 연료소모량 858킬로톤, 연간 탄소배출량은 267만 톤으로 훨씬 낮게 나타났다. C사는 선박 총 39척을 보유하고 있으며 연간 연료소모량 373킬로톤, 연간 탄소배출량은 116만 톤으

101) 자사선 기준임

로 나타났다. D사는 보유 선박 29척으로 연간 연료소모량 217킬로톤, 연간 탄소배출량은 67만 톤으로 나타났다.

해운기업별로 선종별 특성에 따라 탄소배출량도 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. A사는 주요 보유 선박이 컨테이너선이 주를 이루고 있으며 벌크선이나 유조선에 비해 평균 항해일수가 많고, 정시성이 중요하므로 연료사용량 저감을 위한 저속 항해에 제한이 있다. 따라서 자연스럽게 연료소모량이 커지면서 탄소배출량이 높게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

우리나라 해운산업은 타 산업에 비해 고정비 비율이 높기 때문에 매출액 대비 원가 부담이 매우 높은 산업으로 볼 수 있다. 우리나라 해운기업의 2000~2021년까지 매출액 대비 연료비 비중 평균은 13.0%, 원가 대비 연료비 비중 평균은 15.1%로 매우 높은 비중을 차지한다. 일반적으로 해운기업 전체 매출액 대비 연료비 비중은 10~20%이므로 유가 변동성 관리가 해운기업의 수익성 개선에 필수적인 요소라고 할 수 있다. 따라서 국내 해운기업은 시장기반조치 도입에 따른 대응방안을 마련하여 유가 변동성을 관리할 필요가 있다.

04

시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 비용부담액과 재무구조 변화에 미치는 영향

제1절 분석개요와 기초자료

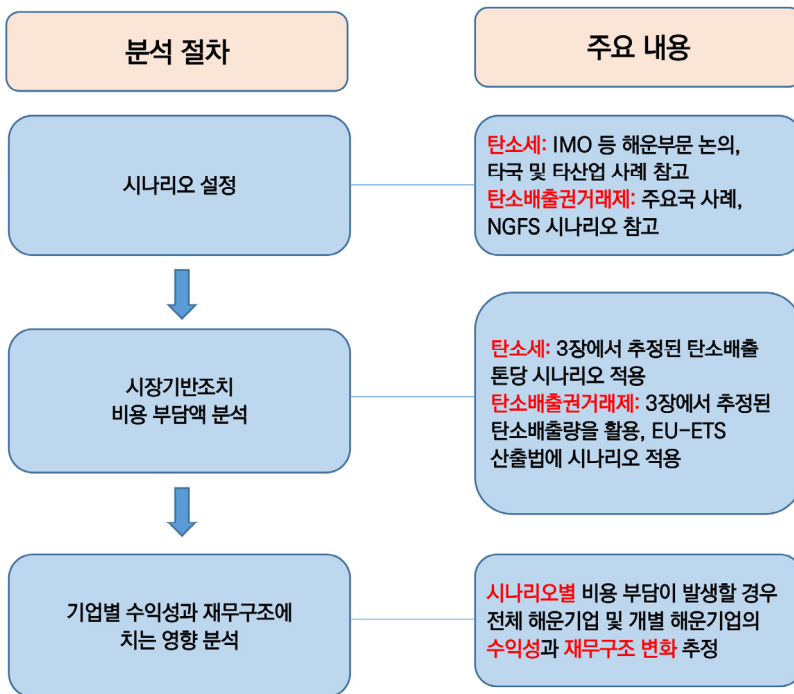
1. 분석개요

제4장에서는 탄소세와 탄소배출권거래제가 도입될 경우 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향을 분석한다. 분석을 위해서는 먼저 제3장에서 분석된 해운기업의 탄소배출량을 기준으로 탄소세와 탄소배출권 가격 시나리오를 적용하여 각 해운기업의 비용부담액을 추정한다. 이를 통해 시나리오별 해운기업의 수익성과 재무구조의 변화를 살펴본다.

탄소세 가격 시나리오는 IMO 등에서 논의되고 있는 기준과 타국 타산업에서 적용 중인 탄소세 가격 등을 살펴보고 이를 통해 탄소세 시나리오를 설정한다. 탄소배출권거래제 가격 시나리오는 주요국의 사례와 녹색금융협의회(NGFS: Network for Greening the Financial System) 시나리오를 참고하여 설정한다.

탄소세의 경우 선박이 배출하는 탄소 1톤당 탄소세를 부과하여 3장에서 추정된 탄소배출량을 그대로 적용하여 쉽게 추정할 수 있다. 그러나 탄소 배출권거래제는 각 기업이 배출하는 탄소량을 기준으로 배출허용량과 정산 필요량이 정해지기 때문에 본 연구에서는 해운 부문 EU-ETS 산정기준을 검토하고 이를 적용한다.

〈그림 4-1〉 비용부담액과 재무구조 영향 분석개요



자료: 저자 작성

2. 분석 기초자료

시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조에 미치는 영향을 분석하기 위해 한국해운협회에서 매년 우리나라 외항 해운기업을 대상으로 집계하는 재무통계를 활용한다. 본 재무통계는 2000년부터 2021년까지 우리나라 해운기업의 손익계산서와 대차대조표를 포함하며 2021년 우리나라 해운기업 손익계산서 기준 해운기업은 총 127개로 나타난다. 그리고 우리나라 해운기업별 연간 탄소배출량은 제3장에서 클락슨 WFR의 우리나라 해운기업 소유선박 통계와 IMO의 상향식 방법을 통해 추정된 결과를 활용한다.

〈표 4-1〉 자료 설명 및 출처

설명	출처
우리나라 해운기업 재무통계	• 한국해운협회
우리나라 해운기업의 연간 탄소배출량	• Clarksons Research WFR(World Fleet Register), 2018년 IMO의 Bottom-up 방식의 선대별 표준 자료를 활용하여 제3장에서 추정된 결과

자료: WFR(검색일: 2022.5.30.), IMO(2020)

재무구조 분석을 위해 시장기반조치가 도입되지 않은 상황에서 우리나라 해운기업의 수익성과 재무구조의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

2000년대 들어 중국 경제가 급성장하면서 전 세계적인 호황을 맞았고 국가 간 교역이 크게 증가했다. 이에 따라 2007년과 2008년에 우리나라 해운기업의 매출액 증가율이 각각 35.6%, 52.4%를 기록하면서 2008년에는 우리나라 해운기업 전체 매출액이 약 51조 8천억 원까지 증가했다. 그러나 글로벌 금융위기 이후 점진적으로 감소하다 2016년에 한진해운과 현대상선의 구조조정을 겪으면서 매출액은 약 28조 8천억 원까지 줄어들었

다. 대형선사의 구조조정에 따른 효과도 있었지만, 2016년에 BDI가 역대 최저치를 기록하는 등 역대 최악의 시황 역시 매출액 감소에 기여한 바가 크다.¹⁰²⁾

이후 2019년 COVID-19 발생으로 일시적으로 해운시장이 침체하였으나, 경기 회복 기대감에 따른 수요 회복, 공급망 대란의 효과로 인해 운임이 급등하면서 역대 최대의 해운시장 호황을 맞았다. 이에 따라 2021년 국내 해운기업의 총매출액은 2020년 대비 61% 증가한 51조 7,971억 원을 기록했다. 이는 해운기업이 역대 최대 실적을 올렸던 2008년 총 매출액 51조 7,843억 원을 128억 원 뛰어넘는 수치이다. 2008년과 비교하여 총 매출액 규모는 비슷하지만, 영업이익률은 2008년 7%, 2021년 29%로 매우 큰 차이가 난다. 코로나 기간인 2020년과 2021년의 영업이익률을 제외한 2003~ 2019년까지의 영업이익률의 평균이 3%에 불과해, 최근 2년간 국내 해운기업이 유례없는 최대 실적을 올리고 있음을 의미한다.¹⁰³⁾

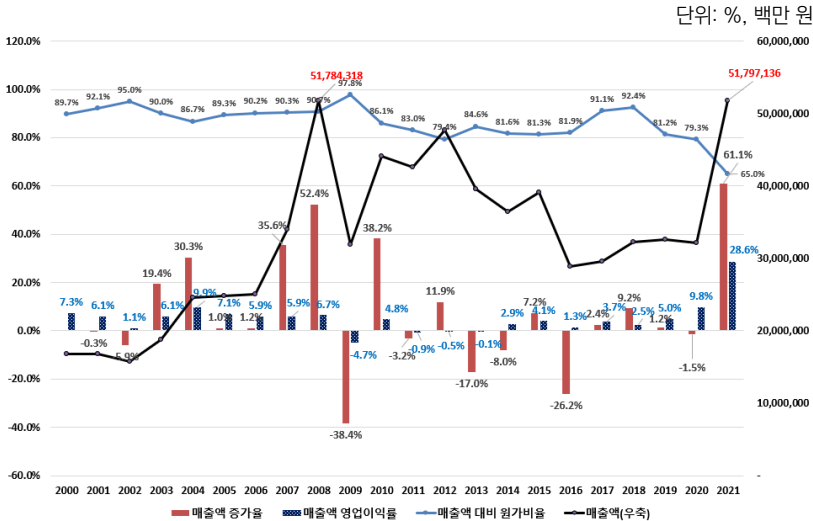
한편 해운산업은 타 산업에 비해 고정비 비율이 높아 매출액 대비 원가 부담이 매우 크다고 평가된다. 우리나라 해운기업의 매출액 대비 원가 비율 추이를 살펴보면 2021년에 61.6%로 가장 낮았다. 그리고 대부분의 기간 동안 80%대 후반에서 90%대를 기록하고 있다. 이러한 현상은 선사의 매출이 글로벌 시장에서 결정되는 운임에 의해 높은 변동성을 가지나, 비용은 고정비 성격이 강하기 때문으로 풀이된다.¹⁰⁴⁾

102) 박성화·김태일·권장한(2020), p. 46을 참고하여 재작성함.

103) 박성화·김한나·최수호(2022), p. 7을 참고하여 재작성함.

104) 박성화·한철환·김태일(2020)을 참고하여 재작성함.

〈그림 4-2〉 국내 해운기업의 매출액과 영업이익률 추이(2000~2021년)

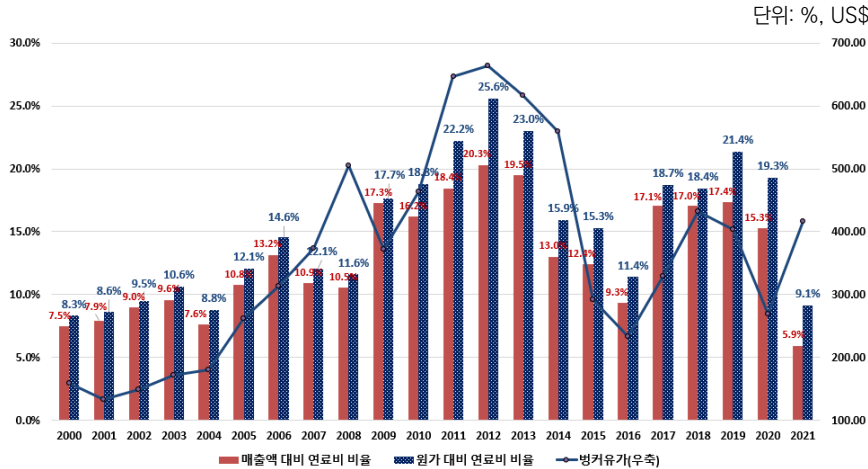


자료: 한국해운협회(내부자료)를 바탕으로 저자 작성

변동비용 중에서는 연료비의 비중이 매출액과 원가에서 차지하는 비중이 가장 높다. 2000~2021년까지의 매출액 대비 연료비 비중 평균은 13.0%, 원가 대비 연료비 비중 평균은 15.1%로 매우 높은 비중을 차지한다. 아래 그림을 보면 매출액과 원가에서 차지하는 비중은 벙커유가 가격 추이에 따라 같은 방향으로 움직이는 형태를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

유가는 해운기업 수익성에 긍정적인 측면과 부정적인 측면이 양립한다. 기본적으로 유가의 상승은 경제성장을 동반한다. 따라서 유가 상승기에 물동량과 해상운임은 동반 상승하는 추세를 보인다. 반면 유가의 상승은 선사의 비용 측면에서도 크게 작용한다. 일반적으로 선사의 전체 매출액 대비 연료비의 비중은 10~20%를 차지한다. 따라서 일반적으로 경기가 활성화되고 운임이 증가할 때 유가도 증가하는 경향이 있어 운임이 증가하더라도 선사는 높은 수익을 추구하기 어렵게 된다. 따라서 해운기업의 수익성을 개선하기 위해서는 유가의 변동성 관리가 매우 중요한 과제라고 할 수 있다.¹⁰⁵⁾

〈그림 4-3〉 국내 해운기업의 원가 대비 연료비 비율과 벅커유가 추이 (2000~2021년)



자료: 한국해운협회(내부자료)를 바탕으로 저자 작성

자기자본순이익률(ROE: Return On Equity)은 순이익을 자기자본으로 나눈 비율로 자기자본을 얼마나 효율적으로 투자하여 순이익을 올렸는지를 나타내는 지표이다. 즉 단위 자기자본에 대하여 얼마만큼 순이익을 올렸는가를 나타내는 비율을 의미한다. 따라서 자기자본순이익률은 주주들이 최소한도로 요구하는 투자수익률보다는 높아야 하는 특성이 있다.¹⁰⁶⁾ 우리나라 해운기업은 2002~2008년까지 꾸준히 높은 자기자본순이익률을 기록했으나, 글로벌 금융위기 이후 2010년과 2014년을 제외하고는 2019년까지 지속적으로 마이너스를 기록해왔다. 그러나 COVID-19 발생 이후 운임 상승으로 인해 2020년 3.9%를 기록하며 양(+) 전환한 이후 2021년에는 27.3%의 높은 자기가본순이익률을 기록했다.

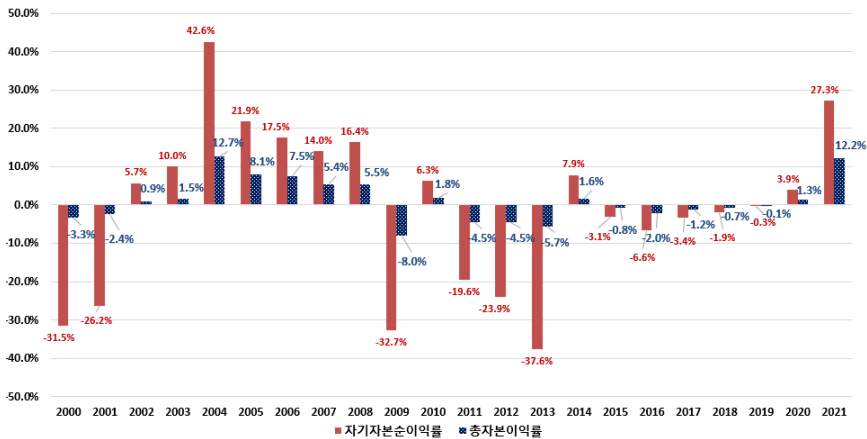
총자본순이익률은 당기순이익을 총자본 또는 총자산으로 나눈 비율로 총자산이익률(ROA: Return on Total Asset Ratio) 또는 투자수익률(ROI:

105) 박성화·김태일·권장한(2020), p. 47을 참고하여 재작성함

106) 박성화·김태일·권장한(2020), p. 50.

Return on Investment)이라고 한다. 총자본순이익률은 총자산을 얼마나 효율적으로 이용하여 영업성과를 올렸는지를 나타내는 대표적인 수익성 지표이다. 즉 기업의 주어진 총자산을 수익창출 활동에 얼마만큼 효율적으로 이용하였는지를 측정하는 지표로 이 비율이 클수록 수익성이 높으며 미래에 기업 성장의 가능성이 높은 것으로 해석한다.¹⁰⁷⁾ 우리나라 해운기업의 총자본순이익률은 2004년 최대치인 12.7%를 기록한 이후 지속적으로 감소한 후 2009년부터는 2010년과 2014년을 제외하고는 2019년까지 지속적으로 마이너스를 기록해왔다. 그러나 COVID-19 발생 이후 운임 상승으로 2020년 1.3%를 기록하며 양(+) 전환한 이후 2021년에는 12.3%의 높은 총자본순이익률을 기록했다.

〈그림 4-4〉 국내 해운기업의 자기자본순이익률과 총자본이익률 추이(2000~2021년)



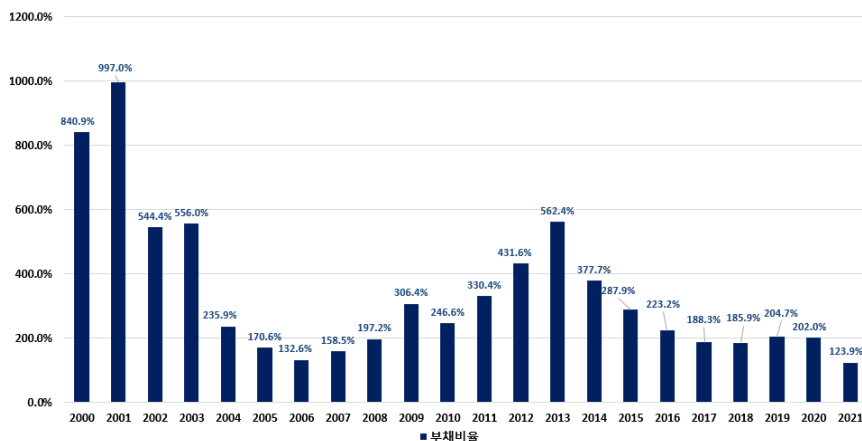
자료: 한국해운협회(내부자료)를 바탕으로 저자 작성

1990년대 후반 IMF 이후 우리나라 해운기업이 부실을 겪으면서 해운기업의 부채비율은 2001년 991%까지 증가했다. 이후 정부 주도의 구조조정으로 선대를 대량 매각하면서 부채비율은 2006년 132%까지 감소했다.

107) 박성화·김태일·권장한(2020), p. 51.

그러나 우리나라 해운기업은 2000년대 중반부터 글로벌 금융위기 이전까지 해운시장 호황이 지속될 것으로 판단하고 신규 선박 발주를 지속적으로 늘려왔다.¹⁰⁸⁾ 이에 따라 우리나라 선사들의 부채비율 역시 지속적으로 증가해 2009년 306%까지 증가했으며, 이후 해운시장 공급과잉으로 저운임이 지속되면서 2013년에는 562%까지 도달했다. 이후 2016년 현대상선 및 한진해운 구조조정, 2017년 한진해운 파산을 거치면서 정부주도의 구조조정과 2018년 정부의 「해운재건 5개년 계획」을 통해 우리나라 해운기업의 부채비율은 안정 추세를 보였고, 2021년 COVID-19 효과로 해운기업이 역대 최대 실적을 올리면서 부채비율은 123%까지 낮아진 상태이다.

〈그림 4-5〉 국내 해운기업의 부채비율 추이(2000~2021년)



자료: 한국해운협회(내부자료)를 바탕으로 저자 작성

108) 박성화·김태일·권장한(2020), p. 49.

제2절 탄소세 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 영향 —

1. 탄소세 도입 시나리오

1) 탄소세 논의동향과 시행사례

(1) 해운 부문 탄소세 기준 논의동향

IMO에서 논의 중인 온실가스 분담금 제도(GHG Levy)는 선박의 온실가스 배출량당 일정 금액의 분담금을 납부하는 방식으로 탄소세로 볼 수 있다. 적정한 금액은 아직 정해지지 않았으나, 이 조치를 제안한 마셜아일랜드와 솔로몬아일랜드는 최초 시행 시 온실가스 배출 1톤당 100달러부터 시작해서 매년 또는 단계적으로 분담금을 높여가자고 주장하고 있다.¹⁰⁹⁾

세계 최대 병커유 소비기업인 AP Moller-Maersk는 탄소중립을 위해 병커유 톤당 450달러 탄소세를 부과할 것을 제안했다. 이는 CO2톤당 150달러의 부과금이다.¹¹⁰⁾

현재 IMO에서는 글로벌 탄소세와 관련하여 가장 눈에 띄는 조치는 마셜아일랜드가 제안한 온실가스 배출 1톤당 100달러 수준이지만, 이 제안도 현재 회원국들 사이에서 광범위한 지지를 얻지 못할 것으로 예상된다.

일본은 세계 2위의 선주국으로서 해상운송으로 인한 온실가스 배출량 감축에 대처하려는 조치로 연간 500억 달러 이상을 모금하기 위해 탄소세를 지지할 것이라고 글로벌 해운 규제 기관에 제시했다. 이러한 제안에 따르면 업계에서는 2025년도부터 2030년도까지 1톤당 56달러를 지불하고, 2030년부터 톤당 최대 135달러까지 5년마다 비용을 인상할 것을 제시했다.¹¹¹⁾

109) 해양한국(2021.12.30.)(검색일: 2022.6.24.)

110) Ship & Bunker(2021.6.3.)(검색일: 2022.8.8.)

(2) IMF 탄소세 기준 논의동향

탄소세는 이산화탄소를 배출하는 화석연료를 사용한 배출자에게 배출량만큼 부과하는 세금이다. 국제통화기금(IMF: International Monetary Fund)은 지난 2019년 보고서에서 지구 기온 상승을 2℃ 이내로 제한하기 위해서는 전 세계 평균 탄소세가 1톤(tCO₂eq)당 US\$75가 되어야 한다고 제언했다. 2019년 말 기준 전 세계 평균 탄소 배출 가격이 1톤당 2달러인 점을 고려하면 이는 상당히 파격적인 제안이다.¹¹²⁾

(3) 우리나라 탄소세 기준 논의동향(주로 제조업 기준)

현재 국내에서도 탄소세 도입에 대한 논의가 이루어지고 있다. 딜로이트 보고서에 포함된 전국경제인연합회(이하 전경련)의 분석에 따르면 탄소세율을 1톤당 각각 10달러, 30달러, 50달러를 부과할 시 상위 100대 배출기업은 각 시나리오별로 영업이익의 10.8%, 32.3%, 53.8%를 탄소세로 내게 될 것으로 예상된다. 이중 영업이익 상위 10개 배출기업을 제외하면 영업이익 대비 탄소세의 비중은 각각 39.0%, 117.0%, 195.0%로 늘어나게 되어 영업이익이 낮은 기업일수록 탄소세 부담이 가중된다. 전경련에 따르면 온실가스 배출량 기준으로 상위 100대 기업 중 탄소세액이 영업이익을 초과하는 기업이 전체의 절반인 50개에 달할 수 있다. 만약 IMF에서 제안한 대로 1톤당 75달러에 상응하는 8만 원을 일괄적으로 적용한다면 특히 배출량이 많은 기업들은 영업이익의 몇 배를 탄소세로 납부해야 하는 사태가 발생한다.

111) Financial Times(22.5.3.)(검색일: 2022.7.26.)

112) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 4.

〈표 4-2〉 딜로이트 온실가스 배출량 상위 10대 기업 탄소세액 예상치
(탄소세 톤당 8만 원 적용 시나리오)

순위	법인명	2019 온실가스 배출량(tCO ₂ eq)*	탄소세액 (8만 원 적용 시)	2019 영업이익** 대비 탄소세액 비중
1	포스코	80,597,292	6,447,783,360,000	167%
2	현대제철	30,146,622	2,411,729,760,000	728%
3	삼성전자	11,143,405	891,472,400,000	3%
4	쌍용C&E	10,793,398	863,471,840,000	147%
5	S-Oil	9,603,008	768,240,640,000	183%
6	LG 화학	8,530,821	682,465,680,000	83%
7	GS 칼텍스	8,047,295	643,783,600,000	73%
8	SK 에너지	7,257,441	580,595,280,000	155%
9	삼표시멘트	7,084,567	566,765,360,000	1179%
10	현대오일뱅크	6,981,253	558,500,240,000	107%

자료: 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 16.

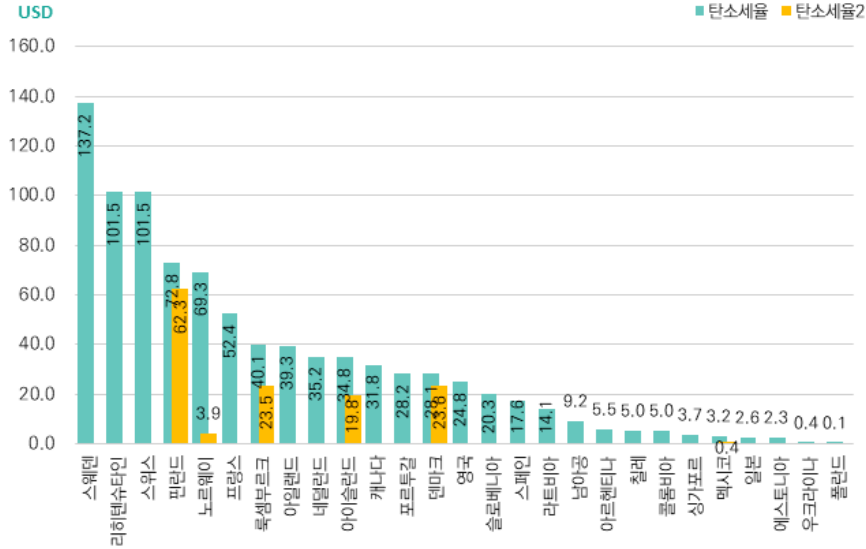
(4) 주요국 탄소세 시행사례

2021년 4월 기준, 탄소세를 전국 단위로 실행하고 있는 나라는 스웨덴, 일본 등 총 27개국이 있고 국가 내 지역 단위로 실시하고 있는 곳은 8개 지역(미국 하와이, 스페인 카탈로니아 등)이 있는데,¹¹³⁾ 지역마다 1톤당 탄소세율의 편차가 크다. 예를 들어 스웨덴(137.2달러), 리히텐슈타인(101.5달러), 스위스(101.5달러)에서는 1톤당 100달러가 넘는 반면, 폴란드(0.1달러), 우크라이나(0.4달러), 에스토니아(2.3달러), 일본(2.6달러) 등에서는 5달러도 채 넘지 않는 수준이다.¹¹⁴⁾

113) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 5.

114) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 5.

〈그림 4-6〉 국가별 1톤(tCO₂eq)당 탄소세율



주: 탄소세율을 두 종류로 시행하고 있는 국가의 경우 연료 종류에 따라 다른 세율 부과
 자료: 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 5.

(5) 탄소세 논의동향과 시행사례

아래 <표 4-3>은 이장에서 살펴본 탄소세 논의 동향과 주요국 시행사례를 종합한 것이다. 탄소세율을 제안한 기업이나 국가 그리고 실제 탄소세를 시행하고 있는 국가마다 모두 다른 기준에 따라 탄소세율을 정하고 있다. 이에 따라 실제 시행하고 있는 국가 역시 이산화탄소 톤당 최저 0.1달러에서 최대 137.2달러로 크게 차이가 난다. 따라서 해운 부문에 탄소세를 시행할 경우 이산화탄소 배출 톤당 얼마의 탄소세율을 적용하는지에 따라 해운기업의 부담이 크게 차이가 나기 때문에 업계의 최대 관심사이다.

〈표 4-3〉 현재 논의 혹은 시행 중인 탄소세 가격

구분	국가	적용년도	비용(\$/tCO ₂ eq)
해운 부문 논의동향	IMO(마셜아일랜드)	도입초기	100
	AP Moller-Maersk	도입초기	150
	일본	2025~2030	56
		2030 이후	최대 135달러까지 5년마다 비용 인상
국제기구	IMF		75
탄소세 적용국가	스웨덴	2021.4월 기준	137.2
	리히텐슈타인		101.5
	스위스		101.5
	핀란드		72.8
	노르웨이		69.3
	프랑스		52.4
	룩셈부르크		40.1
	아일랜드		39.3
	네덜란드		35.2
	아이슬란드		34.8
	캐나다		31.8
	포르투갈		28.2
	덴마크		28.1
	영국		24.8
	슬로베니아		20.3
	스페인		17.6
	리투아니아		14.1
	남아공		9.2
	아르헨티나		5.5
	칠레		5.0
	콜롬비아		5.0
	싱가포르		3.7
	멕시코		3.2
	일본		2.6
	에스토니아		2.3
	우크라이나		0.4
	폴란드		0.1

자료: Ship & Bunker(2021.6.3.), Financial Times(22.5.3.), 딜로이트 인사이트 편집국(2021)을 바탕으로 저자 작성

2) 본 연구의 탄소세 가격 시나리오

본 연구는 5개의 탄소세 가격 시나리오를 설정한다. 국제적으로 해운산업에 탄소세가 도입될 경우 논의되고 있는 가격과 주요국에서 타 산업에 이미 시행 중인 국가별 탄소세 가격을 고려하여 시나리오를 설정하였다.

시나리오 1은 마셜아일랜드가 IMO에 제안한 가격으로 최초 시행 시 온실가스 배출 1톤당 100달러를 책정하는 것으로 한다. 시나리오 2는 글로벌 선사 AP Moller-Maersk가 제안한 가격으로 이산화탄소 톤당 150달러이다. 시나리오 3은 일본이 해운산업 탄소세 도입을 지지하며 제안한 가격으로, 이산화탄소 톤당 56달러이다. 시나리오 4는 IMF가 제안한 탄소세 가격으로 이산화탄소 톤당 75달러이다. 시나리오 5는 2021년 4월 기준 타 산업에 탄소세를 시행 중인 27개국의 탄소세 평균 가격으로, 이산화탄소 톤당 32.8달러로 설정한다.

〈표 4-4〉 해운산업 탄소세 가격 시나리오

시나리오	비용(\$/tCO ₂ eq)	국가
1	100	IMO(마셜아일랜드)
2	150	AP Moller-Maersk
3	56	일본
4	75	IMF
5	32.8	탄소세 도입중인 총 27개국 평균

자료: Ship & Bunker(2021.6.3.), Financial Times(22.5.3.), 딜로이트 인사이트 편집국(2021)을 바탕으로 저자 작성

2. 탄소세 비용부담액 분석

제3장에서 추정한 바와 같이 우리나라 해운기업의 연간 탄소배출량이 총 2,850만 톤에 달할 경우 시나리오별 탄소세 비용은 아래 표와 같이 추정된다. 추정 결과를 살펴보면 우리나라 해운기업은 탄소배출 톤당 100달러가 부과되는 시나리오 1의 경우 3조 2,611억 원, 탄소배출 톤당 150달러가 부과되는 시나리오 2의 경우 4조 8,916억 원, 탄소배출 톤당 56달러가 부과되는 시나리오 3의 경우 1조 8,262억 원, 탄소배출 톤당 75달러가 부과되는 시나리오 4의 경우 2조 4,458억 원, 탄소배출 톤당 32.81달러가 부과되는 시나리오 5의 경우 1조 700억 원의 비용부담이 발생할 것으로 예상된다.

〈표 4-5〉 시나리오별 탄소세 비용

탄소세 시나리오	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5
	IMO (마셜아일랜드)	AP Moller -Maersk	일본	IMF	타국 타산업 평균
탄소세가격 (\$/tCO ₂ eq)	100	150	56	75	32.81
시나리오별 탄소세 비용(M\$)	2,849.57	4,274.35	1,595.76	2,137.17	934.94
시나리오별 탄소세 비용(억 원)	32,611	48,916	18,262	24,458	10,700

주: 적용 환율은 2021년 평균 값으로 한국은행 고시 원달러 환율 1144.42원/달러 적용
자료: 저자 작성

상장 해운기업의 시나리오별 탄소세 비용부담액은 아래 표와 같다. 추정 결과를 살펴보면, A사가 400만 톤의 탄소를 배출할 경우 시나리오 1은 4,574억 원, 시나리오 2는 6,862억 원, 시나리오 3은 2,562억 원, 시나리오 4는 3,481억 원, 시나리오 5는 1,501억 원의 탄소세가 발생할 것으로 예상된다.

B사가 267만 톤의 탄소를 배출할 경우 시나리오 3,057억 원, 시나리오 2는 4,585억 원, 시나리오 3은 1,712억 원, 시나리오 4는 2,293억 원, 시나리오 5는 1,003억 원의 탄소세가 발생할 것으로 예상된다.

C사가 116만 톤의 탄소를 배출할 경우 시나리오 1,330억 원, 시나리오 2는 1,996억 원, 시나리오 3은 745억 원, 시나리오 4는 998억 원, 시나리오 5는 436억 원의 탄소세가 발생할 것으로 예상된다.

D사가 67만 톤의 탄소를 배출할 경우 시나리오 772억 원, 시나리오 2는 1,158억 원, 시나리오 3은 433억 원, 시나리오 4는 579억 원, 시나리오 5는 253억 원의 탄소세가 발생할 것으로 예상된다.

〈표 4-6〉 상장 해운기업 시나리오별 탄소세 비용

단위: 억 원

구분	2021년 연료 소모량 (kt)	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5
		IMO (마셜아일랜드)	AP Moller -Maersk	일본	IMF	타국 타산업 평균
		\$100	\$150	\$56	\$75	\$32.81
A사	1,284	4,574.40	6,861.59	2,561.66	3,430.80	1,500.86
B사	858	3,056.76	4,585.14	1,711.79	2,292.57	1,002.92
C사	373	1,330.34	1,995.51	744.99	997.75	436.48
D사	217	772.32	1,158.49	432.50	579.24	253.40

자료: 저자 작성

3. 수익성과 재무구조에 미치는 영향

시나리오 1과 같이 탄소세가 탄소 톤당 100달러 부과될 경우 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 3조 2,611억 원 발생하고 당기순이익은 기준년도(2021년) 12조 1,668억 원에서 8조 9,051억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 이 경우 자기자본순이익률은 기준년도 27.3%에서 20.0%로 약 7.3% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 8.9%로 약 3.3% 하락할 것으로 예상된다.

시나리오 2와 같이 탄소세가 탄소 톤당 150달러 부과될 경우 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 4조 8,916억 원 발생하고 당기순이익은 기준년도 12조 1,668억 원에서 7조 2,743억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 이 경우 자기자본순이익률은 기준년도 27.3%에서 16.3%로 약 6% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 7.3%로 약 4.9% 하락할 것으로 예상된다.

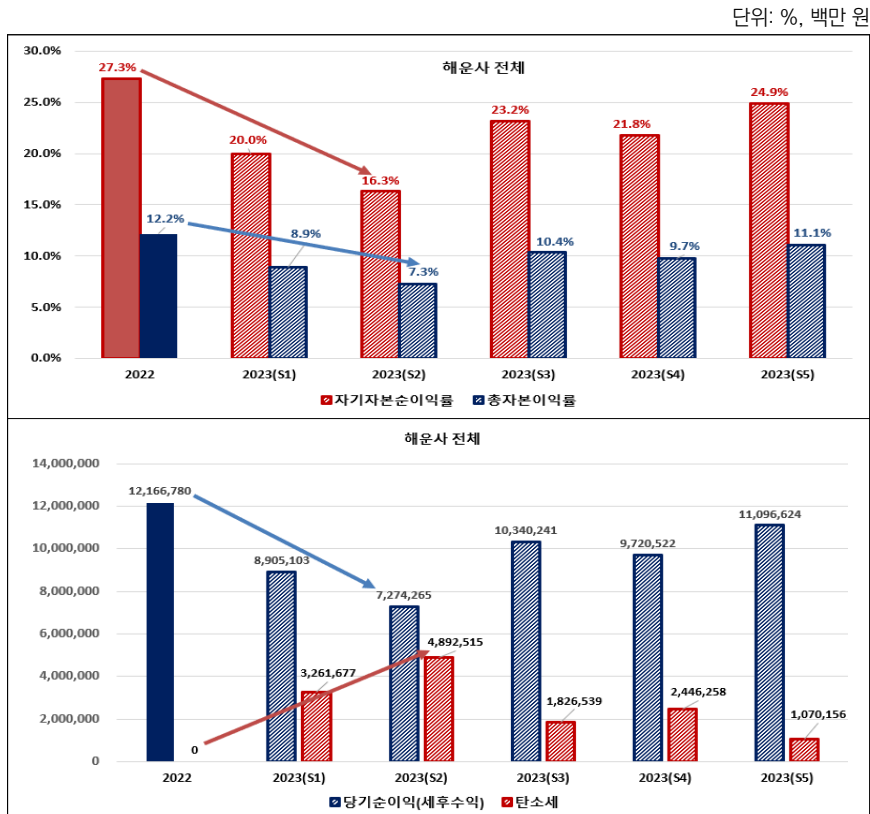
시나리오 3과 같이 탄소세가 탄소 톤당 56달러 부과될 경우 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 1조 8,262억 원 발생하고 당기순이익은 기준년도 12조 1,668억 원에서 10조 3,402억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 이 경우 자기자본순이익률은 기준년도 27.3%에서 23.2%로 약 4.1% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 10.4%로 약 1.8% 하락할 것으로 예상된다.

시나리오 4와 같이 탄소세가 탄소 톤당 75달러 부과될 경우 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 2조 4,458억 원 발생하고 당기순이익은 기준년도 12조 1,668억 원에서 9조 7,205억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 이 경우 자기자본순이익률은 기준년도 27.3%에서 21.8%로 약 5.5% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 9.7%

로 약 2.5% 하락할 것으로 예상된다.

시나리오 5와 같이 탄소세가 탄소 톤당 32.81달러 부과될 경우 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 1조 700억 원 발생하고 당기순이익은 기준년도 12조 1,668억 원에서 11조 966억 원으로 줄어드는 것으로 예상된다. 이 경우 자기자본순이익률은 기준년도 27.3%에서 24.9%로 약 2.4% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 11.1%로 약 1.1% 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-7〉 해운기업 전체 수익성과 재무구조 변화

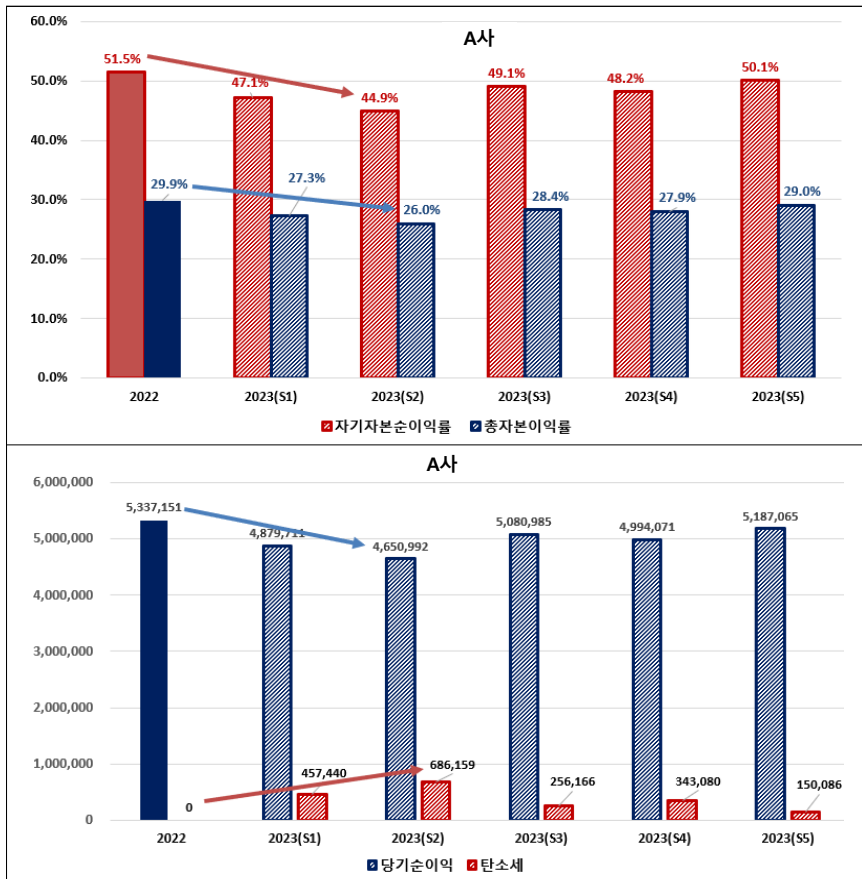


자료: 저자 작성

A사는 시나리오별 최소 1,501억 원에서 최대 6,862억 원의 탄소세가 발생하고 당기순이익은 기준년도 5조 3,372억 원에서 최소 5조 1,871억 원에서 최대 4조 6,510억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 자기자본순이익률은 기준년도 51.5%에서 최소 1.4%(50.1%), 최대 6.6%(44.9%) 하락할 것으로 예상된다. 총자본이익률은 기준년도 29.9%에서 최소 0.9%(29.0%), 최대 3.9%(26.0%) 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-8〉 A사 수익성과 재무구조 변화

단위: %, 백만 원

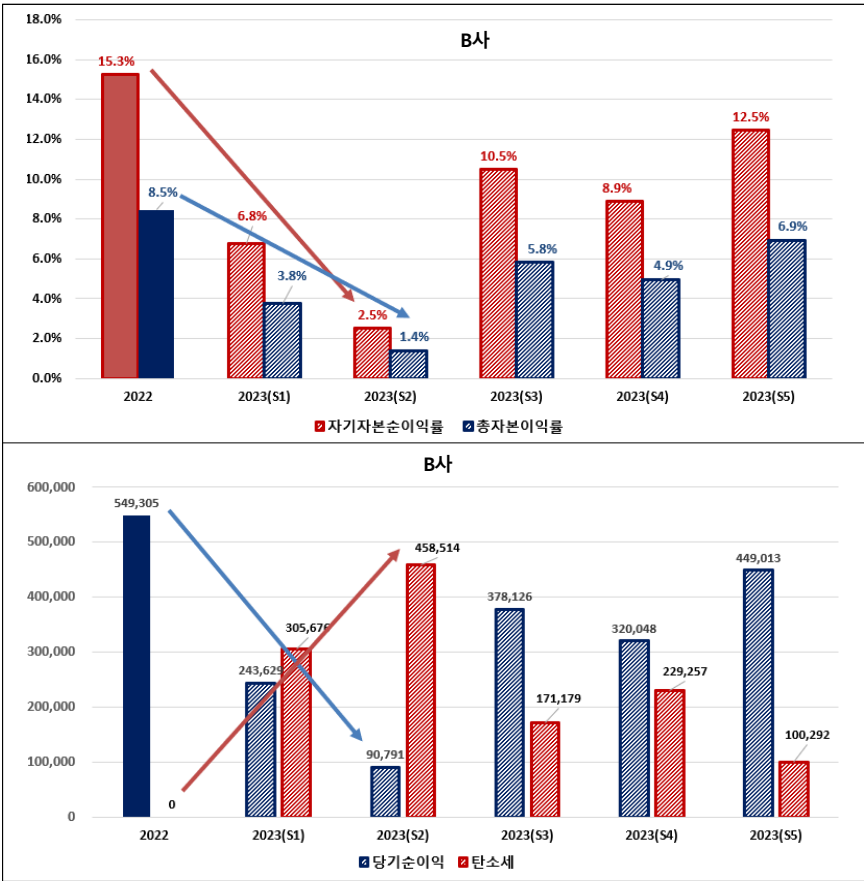


자료: 저자 작성

B사는 시나리오별 최소 1,003억 원에서 최대 4,528억 원의 탄소세가 발생하고 당기순이익은 기준년도 5,493억 원에서 최소 4,490억 원에서 최대 908억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 자기자본순이익률은 기준년도 15.3%에서 최소 2.8%(12.5%), 최대 12.8%(2.5%) 하락할 것으로 예상된다. 총자본이익률은 기준년도 8.5%에서 최소 1.6%(6.9%), 최대 7.1%(1.4%) 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-9〉 B사 수익성과 재무구조 변화

단위: %, 백만 원

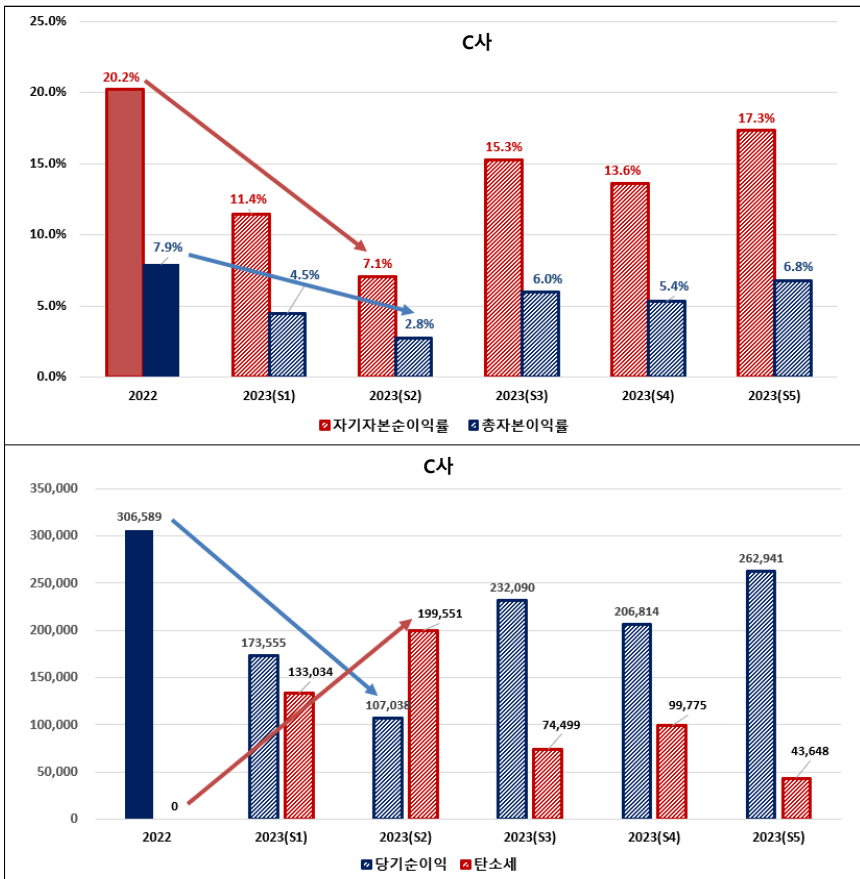


자료: 저자 작성

C사는 시나리오별 최소 436억 원에서 최대 1,996억 원의 탄소세가 발생하고 당기순이익은 기준년도 3,066억 원에서 최소 2,629억 원에서 최대 1,070억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 자기자본순이익률은 기준년도 20.2%에서 최소 17.3%(2.9%), 최대 7.1%(3.1%) 하락할 것으로 예상된다. 총자본이익률은 기준년도 7.9%에서 최소 1.1%(6.8%), 최대 5.1%(2.8%) 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-10〉 C사 수익성과 재무구조 변화

단위: %, 백만 원

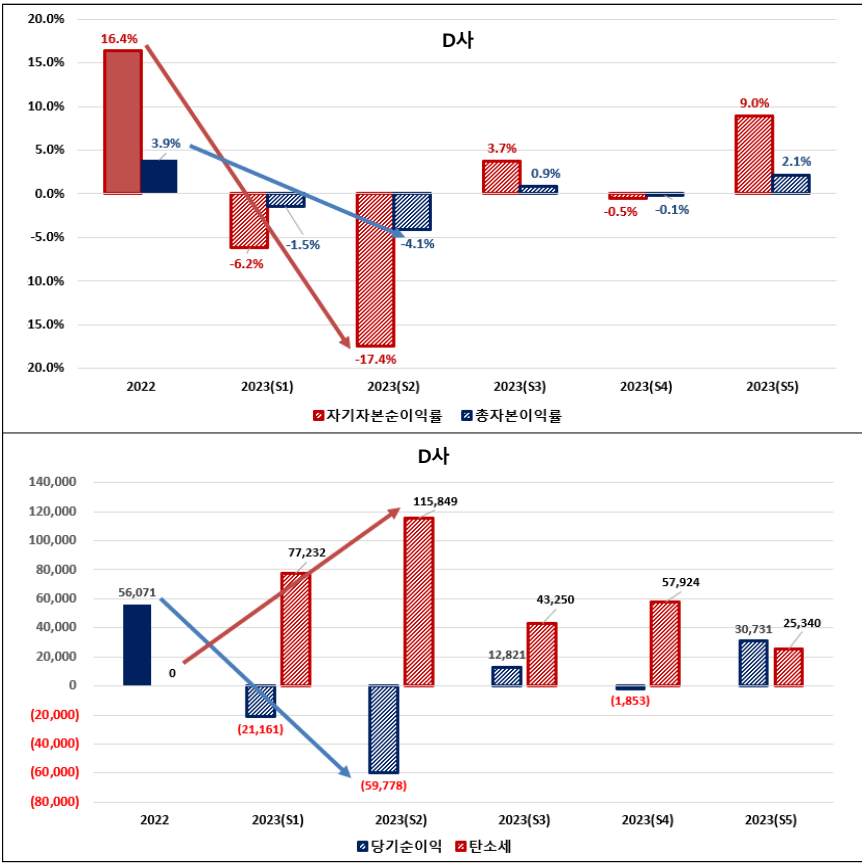


자료: 저자 작성

D사는 시나리오별 최소 253억 원에서 최대 1,158억 원의 탄소세가 발생하고 당기순이익은 기준년도 561억 원에서 최소 307억 원에서 최대 -598억 원으로 줄어들 것으로 예상된다. 자기자본순이익률은 기준년도 16.4%에서 최소 7.4%(9.0%), 최대 33.8%(-17.4%) 하락할 것으로 예상된다. 총자본이익률은 기준년도 3.9%에서 최소 1.8%(2.1%), 최대 8.0%(-4.1%) 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-11〉 D사 수익성과 재무구조 변화

단위: %, 백만 원



자료: 저자 작성

제3절 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담액과 재무구조 영향

1. 탄소배출권거래제 도입 시나리오

1) 탄소배출권거래제 논의동향과 시행사례

(1) NGFS(GCAM 모형) 탄소 가격 시나리오

녹색금융협의체(NGFS: Network for Greening the Financial System)는 2017년 12월 파리 ‘One Planet Summit’에서 8개의 중앙은행과 감독당국에 의해 설립되었다. 2022년 6월 기준 NGFS는 116개의 회원과 19개의 참관인으로 구성되며 우리나라의 한국은행과 금융위원회도 포함한다. NGFS는 파리협정의 목표를 달성하기 위해 필요한 글로벌 대응 강화와 위험관리, 지속가능한 개발 측면에서 녹색 및 저탄소 투자를 위해 자본을 동원하기 위한 금융시스템의 역할을 강화하기 위한 목적을 가지고 있다. 이에 NGFS는 모범사례를 정의하고 촉진하며 녹색금융에 대한 분석 작업을 수행하는 활동을 하고 있다.¹¹⁵⁾

NGFS가 제시한 기후리스크 시나리오 중 GCAM(Global Change Assessment Model) 모형은 기후변화, 기후정책, 기술발전으로 발생하는 리스크에 시나리오를 적용하여 각각 다른 미래 상황이 어떻게 변하는지 구현하는 방식이다. 이는 시나리오에 따른 에너지 정책의 변화, 전력수요 및 탄소 배출량을 수치화할 수 있고, 정책과 시장의 변화로 중앙은행과 감독기관이 활용 가능한 데이터를 제공해준다.

115) NGFS(검색일: 2022.8.10.)

Mckinsey는 탄소제로로의 전환이라는 연구를 진행하면서 NGFS의 Net zero 2050 시나리오를 활용하여 파리협정에 따른 1.5℃의 목표를 달성하기 위한 경로로 관련 경제 변화 및 사회적 조정의 규모 추정치를 사용했다.¹¹⁶⁾ 영국중앙은행(Bank of England)은 기후변화로 인한 재정적 위험 분석을 진행하면서 기후변화와 관련된 물리적 이행위험에 대해 영국의 은행과 보험회사의 탄력성을 조사했다. 해당 조사는 NGFS의 탄소중립 2050(Net Zero 2050), 지연된 이행(Delayed Transition), 현행 정책 유지(Current Policies) 세 가지 시나리오를 활용했으며, NGFS에 따른 기후 시나리오를 기반으로 물리적 변화, 에너지 시스템, 토지 이용 및 경제 전반을 분석했다.¹¹⁷⁾

가. 시나리오 기본구조¹¹⁸⁾

NGFS의 시나리오는 파리협정에 따른 2050년의 목표 온도에 어느 정도로 달성했는지 여부에 따라 크게 질서있는 이행(An orderly transition), 무질서한 이행(A disorderly transition), 온난화된 세계(A Hot house world) 등 세 가지 유형으로 구분되어지며 각 유형에는 2개씩의 시나리오가 있어 총 6개의 시나리오로 구성되어진다.

① 질서있는 이행(An orderly transition)

질서있는 이행(An orderly transition)은 파리협정에 따라 배출량을 줄이려는 즉각적인 조치가 취해진 상황으로 가정한다.

Below 2℃ 시나리오는 2020년에 즉각적으로 탄소가격제가 도입된다고 가정하고 지구온난화를 2℃ 미만으로 유지하도록 보정된다. 그리고 이산화탄소 제거(Carbon Dioxide Removal, CDR) 기술이 어느 정도 가용한 것

116) Mckinsey(2022), p. 2.

117) Bank of England(2021), p. 16.

118) NGFS(2020), Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors, p. 18.

으로 가정하며 2050년과 2070년에 CO2 배출량이 0에 도달하는 것에 해당된다. 정책 조치가 조기에 도입되고 점진적으로 강화되기 때문에 물리적 리스크와 이행 리스크는 해당 기간 동안 낮게 유지되는 것으로 추정한다.

탄소중립 2050(Net Zero 2050)은 금세기 말까지 지구온난화를 1.5℃로 제한하는 시나리오이다. 2050년에 모든 배출량이 0에 도달하는 것에 해당하며, 2도 이하(Below 2°C) 시나리오에 비해 배출량을 줄이기 위해 더 높은 배출가격이 요구된다.

② 무질서한 이행(A disorderly transition)

무질서한 이행(A disorderly transition)은 파리협정 목표를 달성하기 위해 질서있는 이행(An orderly transition)에 비해 도전적인 시나리오이다.

비일관적 탄소중립(Divergent Net Zero)은 가장 급진적인 시나리오로서 이용 가능한 이산화탄소 제거(Carbon Dioxide Removal, CDR) 기술은 제한적이지만, 1.5℃ 목표에 따라 배출량을 빠르게 줄이기 위해서 즉각적으로 전 세계 배출 가격이 도입된다고 가정한다. 이에 2050년에 탄소 배출량이 0에 도달하게 되지만 다양한 정책의 도입으로 비용이 높아지게 된다.

지연된 이행(Delayed transition) 시나리오에서의 기후 정책은 2030년까지 국가 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contributions, NDCs)를 따르지만 제한된 이산화탄소 제거 기술만 사용 가능하다고 가정한다. 그러나 이는 파리협약을 충족하기에 충분하지 않을 것이라는 점을 인정하기 때문에 배출가격은 2030년 이후부터 빠르게 상승한다.

③ 온난화된 세계(A Hot house world)

온난화된 세계(A Hot house world) 시나리오에서 현행 정책 유지(Current Policies) 시나리오는 현재의 정책만 시행한다고 가정한다. 결과

적으로 파리협정에 명시된 기후목표가 충족되지 않아 중장기적으로 상당한 물리적 위험을 초래하게 되는 시나리오이다. 추가적인 조치가 취해지지 않으면 어떤 일이 벌어질지에 대해 추정하기 위함이며, 2050년까지 2℃ 이상, 2100년까지 4℃에 근접하는 것으로 예상된다.

국가 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contributions, NDCs) 시나리오는 환경 정책을 고려하고 있지만, 실질적인 이행은 하지 않은 상황이다. 추정되는 물리적인 위험은 현행 정책 유지(Current Policy) 시나리오에 비해 다소 낮지만, 2050년에는 2℃ 이상, 2100년에는 3℃ 이상의 온도 상승으로 여전히 파리협정의 목표치를 달성하지 못할 것으로 예상된다.

〈표 4-12〉 NGFS의 6가지 시나리오

시나리오		기온상승	정책 도입	CDR	지역별 정책차이
Orderly transition	Net Zero 2050	1.5℃	즉각, 원활	보통수준	중간변동
	Below 2℃	1.7℃	즉각, 원활	보통수준	낮은변동
Disorderly transition	Divergent Net Zero	1.5℃	즉각적이지만 산업별 다양	낮은수준	중간변동
	Delayed transition	1.8℃	지연	낮은수준	높은변동
Hot House World	NDCs	~ 2.5℃	NDCs	낮은수준	낮은변동
	Current Policies	3℃이상	대책없음	낮은수준	낮은변동

자료: NGFS(2021), p. 17.

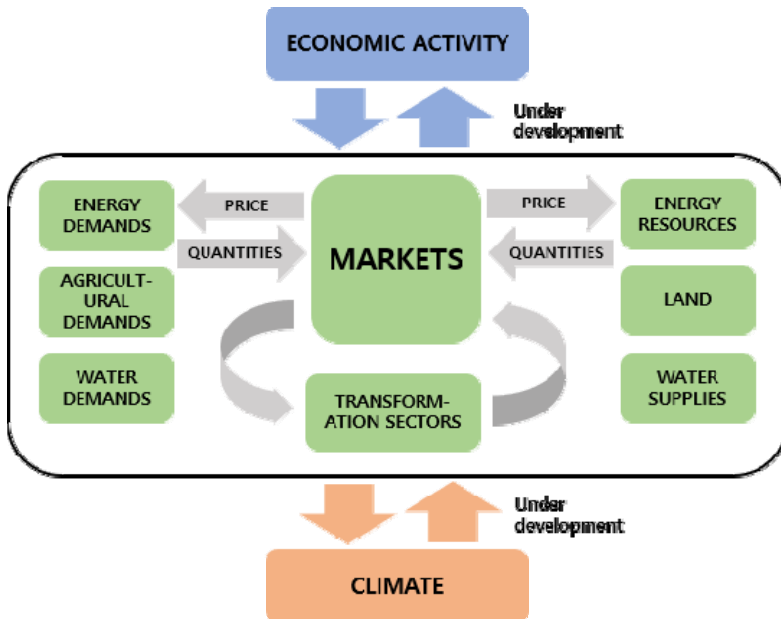
나. 시나리오 분석 결과

다음은 위에서 설명된 6가지 시나리오에 대해 GCAM 모형을 활용하여 2100년까지의 시나리오를 제시한 상황이다. 변수는 탄소 가격과 이산화탄소 배출량을 기준으로 설정하였다. 이때 세계는 사회적, 경제적, 기술적 추세가 역사적 패턴에서 두드러지게 변화하지 않는 경로를 따른다고 가정한다.

GCAM 모형은 에너지 시스템, 물, 농업 및 토지 이용, 경제, 기후의 5가

지 시스템 간 상호작용과 행동을 나타내는 글로벌 모형이다. 일정한 가정
에 따라서 가격, 에너지, 미래의 상품 및 기타 흐름 등에 대한 전체 시나리
오를 생성한다. 즉, 독립적인 모듈이 아닌 하나의 통합된 전체로 모델링되
어 있다. GCAM의 핵심 원리는 시장균형 원리이며 모델 전반에 걸쳐 모든
시장에서 공급과 수요가 균형을 이루도록 시장가격을 결정한다. GCAM의
프로세스는 이러한 균형에 도달할 때까지 시장가격을 반복하며, 여기서의
시장은 물리적 흐름을 위한 것뿐만 아니라 거래 가능한 탄소배출권이나 다
른 유형의 상품도 포함된다. GCAM은 2015년을 최종 보정 연도로 5년 단
위로 설계되어 있는 모형이다.¹¹⁹⁾

〈그림 4-7〉 GCAM 모형의 도식화

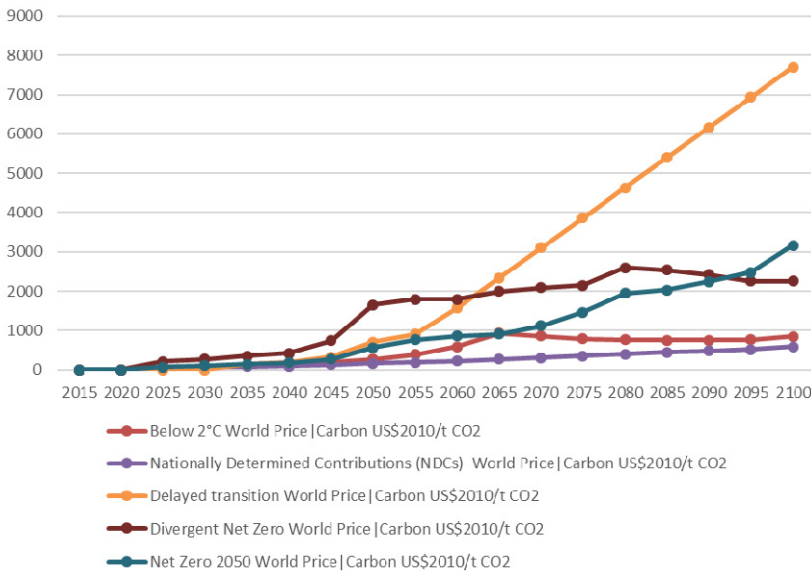


자료: NGFS(2021), p. 10.

119) NGFS(2021), p. 9.

탄소가격은 주요 정책 수단인 경제 전반을 나타내는 변수로서 각 시나리오에서 지정된 배출 목표에 도달하도록 값이 설정되어 있다. 탄소 가격은 지역별로 차별화되어 있으며, 총 배출량을 가중치로 하여 가중평균으로 계산된다.¹²⁰⁾

〈그림 4-8〉 탄소가격 시나리오 결과(2020~2100)



자료: NGFS 데이터를 활용하여 저자 작성

아래 표는 위에서 설명된 6가지 시나리오에 대해 GCAM 모형을 활용하여 2100년까지의 시나리오를 제시한 상황이며 변수는 탄소 가격과 이산화탄소 배출량을 기준으로 설정하였다.

Orderly 시나리오 중 Net Zero 2050 시나리오는 탄소 가격이 2025년에 톤당 61.07달러에서 2045년 267.63달러까지 상승한다. Below 2°C 시나리오는 2025년 41.49달러에서 2045년 184.37달러까지 상승한다.

120) NGFS(2021), p. 19.

Disorderly 시나리오 중 Divergent Net Zero 시나리오는 2025년 204.28달러에서 2045년 741.15달러까지 상승한다. Delayed transition 시나리오는 2035년 135.28달러에서 2045년 328.81달러까지 상승한다. Hot House World 시나리오 중 NDCs 시나리오는 2025년 30.14달러에서 2045년 124.34달러까지 상승한다.

〈표 4-13〉 NGFS의 6가지 가격 시나리오별 탄소 가격

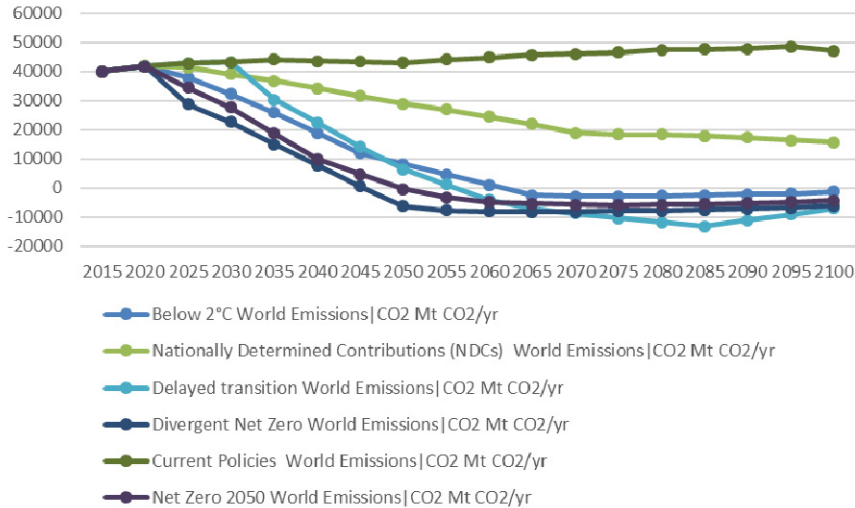
단위: US\$/t CO2

시나리오		2025	2030	2035	2040	2045
Orderly	Net Zero 2050	61.07	96.86	137.71	174.76	267.63
	Below 2℃	41.49	77.32	109.09	134.83	184.37
Disorderly	Divergent Net Zero	204.28	263.69	353.26	421.81	741.15
	Delayed transition	-	-	135.28	188.91	328.81
Hot House World	NDCs	30.14	80.05	83.23	95.76	124.34
	Current Policies	-	-	-	-	-

자료: NGFS 데이터를 활용하여 저자 작성

분석 결과 정책조치의 시행 시기가 미래에 어떻게 변화할 것인지에 따른 결과로 현재 정책을 고수하는 Hot House World 시나리오, 특히 Current Policies 시나리오는 별도의 탄소가격제 도입이 이루어지지 않아 금세기 말까지 높은 수준의 온난화를 초래한다. Orderly의 두 시나리오(Net Zero 2050, Below 2℃)에서는 온도상승을 제한하기 위해 최적의 배출가격이 즉시 도입된다고 가정하여 21세기 말까지 2℃ 이하로 떨어지게 된다. Delayed transition 시나리오에서는 배출가격이 2030년 이후에나 도입된다고 가정했기 때문에 급격하게 배출권 가격이 상승하고 그에 따라서 배출가스도 급격하게 줄어들게 된다. 또한 탄소중립정책의 강도가 강한 시나리오로서 탄소 가격이 가장 높게 나타나고 있다.

〈그림 4-9〉 CO2배출량 시나리오 결과(2020~2100)



자료: NGFS 데이터를 활용하여 저자 작성

(2) 해운 부문 EU 탄소배출권거래제(EU ETS) 시행사례

배출권거래제 분야도 역시 유럽연합(EU)이 선도하고 있다. EU는 2005년에 세계 최초로 배출권거래제를 도입했는데, 성공적으로 운영하고 있어 다른 국가들이 참고할 만한 모범적인 사례로 평가받고 있다. EU의 배출권거래제는 1~3기를 거쳐 현재 4기에 들어섰다. EU의 ETS는 EU 차원의 배출허용 총량과 조화된 할당 규칙이 적용되는 단일 시스템으로 진화하고 있다.¹²¹⁾ EU ETS에는 비EU국가인 노르웨이, 아이슬란드, 리히텐슈타인도 포함된다.

유럽연합위원회는 ETS 도입 시 해운기업이 배출량의 백분율에 해당하는 허용량을 제출하도록 하는 단계적 도입 기간을 제안한다. 선적에 적용되는 CO2 톤당 탄소 가격이 2023년부터 2026년까지 점진적으로 인상된다.

121) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 7.

2023년은 보고된 검증 배출량의 20%, 2024년은 45%, 2025년 70%, 2026년 및 그 이후 매년 보고된 검증 배출량의 100%에 대한 탄소 비용을 지불해야 한다. 2022년 6월 29일 유럽연합 이사회는 ETS 법안을 채택했으며 현재 입법 절차를 진행 중이다. 이 단계에서 유럽의회와 유럽연합 이사회 두 기관은 유럽연합 집행위원회와 함께 제안이 입법화되기 전에 타협에 도달해야 한다. 단계적 도입 기간, EU 항구와 비EU 항구 간 항해 비율, 탄소 가격 책정 시작 시기, 기타 비물류 관련 문제와 같은 요소에 대한 논의가 이루어질 것으로 예상되며 2022년 말까지 정치적 합의에 도달할 수 있을 것으로 기대된다.¹²²⁾

개정된 법률이 시행됨에 따라 ETS에서 거래되는 유럽연합 허용량(EUA: European Union Allowance)의 변동성이 증가할 것으로 예상된다. 유럽연합 배출허용량(EUA)은 EU ETS에 따라 거래 가능한 단위를 의미하며, 보유자에게 1톤의 이산화탄소(CO₂) 또는 동등한 양의 2가지 더 강력한 온실 가스인 N₂O, PFC를 배출할 수 있는 권리를 부여한다. EU ETS 지침의 3(a)조에는 배출 허용량을 특정 기간 동안 1톤에 해당하는 이산화탄소를 배출할 수 있는 허용량으로, 이 지침의 요구사항을 충족할 목적으로만 유효하며 지침의 규정에 따라 양도 가능하다고 규정하고 있다.¹²³⁾ <표 4-14>는 EU ETS 거래에 대한 FFE(Forty Foot Equivalent)당 비용 증가(유로)¹²⁴⁾ 추정치이다. 추정치의 조건은 세 가지로 첫 번째는 유럽 연합 허용량(EUA)의 가격은 약 90유로라는 것이다. 두 번째, 유럽 연합 허용량 구매 의무는 100%로 간주한다. 세 번째, 온실가스에는 CO₂, 메탄, 아산화질소가 포함된다.¹²⁵⁾

122) Maersk(2022.7.12.)(검색일: 2022.9.15.)

123) Glowacki Law Firm(2015.7.25.)(검색일: 2022.9.15.)

124) FFE당 비용(Cost per FFE)는 벙커유 톤당 200달러로 가정하며 인터모달을 제외하고 허브와 정기용선 수입을 포함한다.

125) Maersk(2022.7.12.)(검색일: 2022.9.15.)

〈표 4-14〉 거래별 FFE당 비용 증가 추정치

단위: 유로

거래	Dry	Reefer
WCSA to Europe	213	319
North Europe to Far East	99	149
Far East to North Europe	170	255
Middle East to North Europe	106	159
North Europe to US	184	276

자료: Maersk(2022.7.12.)(검색일: 2022.9.15.)바탕으로 저자 작성

(3) 주요국 탄소배출권거래제 시행사례

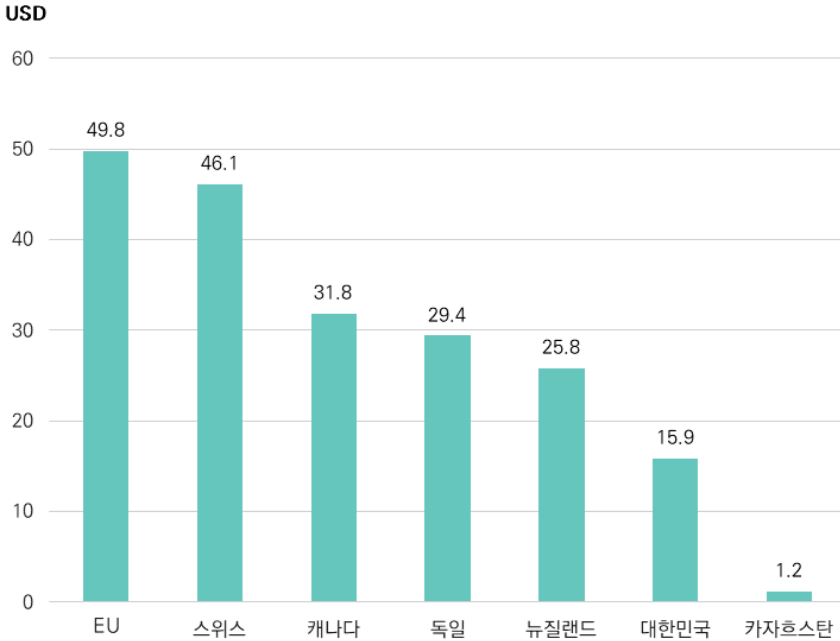
EU 외에 현재 ETS를 전국 단위로 시행하고 있는 국가로는 한국을 포함한 9개 국가(뉴질랜드, 스위스 등)가 있으며, 지역 단위로 운영되고 있는 곳은 일본 도쿄, 미국 캘리포니아 등을 포함한 19곳이 있다.¹²⁶⁾ 일본은 일부 지역에서 배출권거래제를 실시하고 있으나, 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 수단으로 배출권거래제를 전국적으로 확대할 계획이다. 중국 역시 2011년부터 7개 성에서 배출권거래제를 시범적으로 실행하였는데, 2021년 전국으로 확대했다.¹²⁷⁾

2021년 4월 기준 EU 배출권거래제 가격은 1톤당 49.8달러로 가장 높은 것으로 나타났다. 그 다음은 스위스로 1톤당 46.1달러, 캐나다 31.8달러, 독일 29.4달러, 뉴질랜드 25.8달러로 나타났다. 우리나라는 1톤당 15.9달러로 상대적으로 가격이 낮은 편으로 나타났다. 카자흐스탄은 1.2달러로 매우 낮은 가격에 탄소배출권이 거래되고 있다.

126) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 5.

127) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 7.

〈그림 4-10〉 국가별 배출권 거래제 가격(2021년 4월)



주: 배출권 가격은 다소 변동적인 수치로, 한시적인 가격으로 봐야 함. EU ETS에는 노르웨이, 아이슬란드, 리히텐슈타인 포함. 국가 단위로 도입하고 있는 9개국 중 중국과 멕시코 자료는 없음.

자료: World Bank(2021. 4. 기준)

(4) 우리나라 탄소배출권거래제 시행사례(주로 제조업 기준)

2015년 초에 도입된 우리나라 ETS(Korea ETS, K-ETS)는 동아시아 최초의 국가 의무 ETS로 EU에 이어 세계 2위 탄소시장으로 분류되는데, 앞선 EU 사례를 많이 참고한 것으로 알려져 있다. 2021년 4월 기준 한국의 배출권 가격은 16달러 수준으로 나타나고 있는데 이는 톤당 50달러에 육박하는 EU의 배출권 가격의 1/3이다.¹²⁸⁾

한국에서 할당배출권(KAU) 가격이 2018년 하반기부터 상승세를 보이며 2019년 12월 23일에 1톤당 40,900원으로 역대 최고가를 기록했다.¹²⁹⁾ 그

128) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 7.

러나 2020년 4월 이후 하락세로 전환하였으며 코로나19 장기화로 큰 폭의 가격 변동성을 보였다.¹³⁰⁾ 배출권거래제는 정부가 국가의 총 배출량을 정하고 온실가스 배출자에게 배출권을 할당하는 것은 원칙으로 한다. 각자 배출권이 남거나 부족한 경우 자유롭게 거래할 수 있기 때문에 시장의 수요와 공급에 따라 가격이 결정된다. 이러한 배출권거래제의 특성상 가격 변동성이 크므로 불확실한 측면이 있다.

〈그림 4-11〉 우리나라 할당배출권 지표물 가격 추이



자료: 한국거래소(2021.3), p. 3.

현재 우리나라가 시행하고 있는 배출권거래제는 기업의 사정을 감안하여 기업이 지는 부담이 점진적으로 가중되는 방식이다. 한국거래소(KRX)가 배출권 거래소로 지정되어 있으며, 배출권 시장에서 배출권은 할당배출권(KAU), 상쇄배출권(KCU), 외부사업 인증실적(KOC) 등 3가지 종목으로 거래되고 있다. 배출권거래제가 시행되기 시작한 1기(2015년~2017년)와 2기(2018년~2020년)에는 배출권거래제도를 안착하는 데 집중했던 반면, 3기(2021년~2025년)부터는 점차 본격적인 감축에 집중하기 시작한다. 현재 할당 방식에는 유상할당(경매)방식과 무상할당(과거활동자료 기반할당,

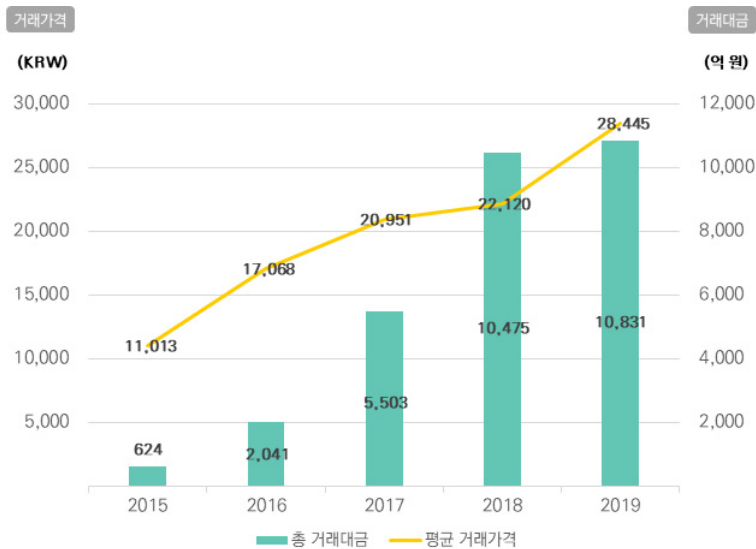
129) 한국거래소(2021.3), p. 3.

130) 한국거래소(2022.4), p. 3.

과거배출량 기반할당)방식이 있는데, 1기에 배출권은 전부 무상으로 할당되었으나 2기에는 이 중 3%를 유상으로 할당하였고 올해 시작한 3기부터는 유상할당 비율이 10%로 높아졌다.¹³¹⁾

2019년의 총 거래 대금(1조 831억 원)이 2015년(624억 원)에 비해 16배 이상 증가하고, 평균 거래가격이 2배 이상 늘어나며(2015년 11,013원 → 2019년 28,445원), 총 거래량이 6배 이상 커진 것으로 나타나(2015년 5.7백만 톤 → 2019년 38.0백만 톤) 배출권 거래시장이 눈에 띄게 성장했음을 알 수 있다.¹³²⁾

〈그림 4-12〉 국내 배출권 거래 시장 동향



자료: 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p.15 바탕으로 저자 작성

131) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 14.

132) 딜로이트 인사이트 편집국(2021), p. 15.

5) 본 연구의 탄소배출권거래제 가격 시나리오

본 연구에서는 5개의 탄소배출권거래제 가격 시나리오를 설정한다. 시나리오 1, 2는 2021년 4월 기준 World Bank가 집계한 전 세계 탄소배출권 거래제 가격 중에 대한민국과 EU 가격이다. 시나리오 3, 4, 5는 NGFS GCAM모형의 6개 시나리오 중 많이 활용되는 시나리오 세 가지이다. 시나리오 1은 2021년 4월 기준 World Bank가 집계한 대한민국의 탄소배출권 거래제 가격으로, 이산화탄소 톤당 15.9달러이다. 시나리오 2는 2021년 4월 기준 World Bank가 집계한 EU의 탄소배출권거래제 가격으로 톤당 49.8달러이다. 시나리오 3은 NGFS GCAM모형의 NDCs 시나리오로 톤당 30.14달러이다. 시나리오 4는 NGFS GCAM모형의 Below 2℃ 시나리오로 톤당 41.49달러이다. 시나리오 5는 NGFS GCAM모형의 Net Zero 2050 시나리오로 톤당 61.07달러이다.

〈표 4-15〉 탄소배출권거래제 가격 시나리오

시나리오	비용 (\$/tCO ₂ eq)	기준
1	15.9	대한민국 탄소배출권거래제 가격(World Bank, 2021. 04)
2	49.8	EU 탄소배출권거래제 가격(World Bank, 2021. 04)
3	30.14	NGFS GCAM모형 - NDCs 시나리오
4	41.49	NGFS GCAM모형 - Below 2℃ 시나리오
5	61.07	NGFS GCAM모형 - Net Zero 2050 시나리오

자료: 저자 작성

2. 탄소배출권거래제 비용부담액

1) 탄소배출권거래제 비용부담액 분석 방법

탄소배출권거래제 비용부담액을 분석하기 위한 방법으로 한국선급 보고

서에서 활용한 분석 방법을 사용한다. 비용부담액 분석에 필요한 데이터는 기준배출량, 배출허용량, 무상할당량, 실제배출량, 정산필요량, 부족량, 배출권가격이다.

먼저 기준배출량은 WFR 기준 우리나라 해운기업 자료를 활용한다. EU ETS 가격 시나리오를 적용받는 대상은 2022년 5월 25일 기준 총 95개 우리나라 해운기업이다. 한국선급 보고서에서는 기준배출량을 EU MRV 보고 데이터 기준 2018~2019년 평균 배출량으로 정하고 있으나, 본 연구에서는 2021년 이전 기준배출량 자료의 확보가 어렵기 때문에 2022년 5월 25일 추출한 자료를 기준으로 총 95개 해운기업에 대한 총 탄소배출량을 기준배출량으로 하며, 기준배출량은 약 4,400만 톤이다.

둘째, 배출허용량은 기준배출량 대비 매년 감축목표를 4.2%씩 강화하는 것으로 가정하며 이에 따라 무상할당량은 감소한다.

$$\text{배출허용량} = \text{기준배출량} \times (1 - 0.042)$$

셋째, 아직 해운 부문 유상할당 및 무상할당 비율 그리고 무상할당 방법에 대한 구체적 기준이 수립되어 있지 않다. 따라서 무상할당량은 EU 홈페이지 기준 유상할당(혹은 경매할당) 57%를 고려하여 적용 배출허용량 대비 43%를 적용한다.

$$\text{무상할당량}(A) = \text{배출허용량} \times 0.43$$

넷째, 실제배출량은 2022년 5월 기준 총 95개 해운기업에 대한 총 탄소배출량으로 하며, 실제 배출량은 약 4,400만 톤이다.

다섯째, 배출권 정산(Surrender)은 매년 검증된 배출량에 상응하는 배출권의 주관청 제출 의무에 대해 2026년까지 점진적으로 강화하는 것으로 한다. 정산 필요량은 2023년은 실제배출량의 20%, 2024년은 45%, 2025년은 70%, 2026년부터는 100%로 한다.

$$2023\text{년 정산필요량}(B) = \text{실제배출량} \times 0.2$$

$$2024\text{년 정산필요량}(B) = \text{실제배출량} \times 0.45$$

$$2025\text{년 정산필요량}(B) = \text{실제배출량} \times 0.7$$

$$2026\text{년 정산필요량}(B) = \text{실제배출량} \times 1$$

$$2027\text{년 정산필요량}(B) = \text{실제배출량} \times 1$$

여섯째, 정산필요량에서 무상할당량을 뺀 양을 부족량으로 정의하고 부족량만큼 해운기업이 배출권을 구매하는 것으로 한다.

$$\text{부족량}(B - A) = \text{정산필요량}(B) - \text{무상할당량}(A)$$

마지막으로 배출권 가격은 앞서 언급한 5개의 탄소배출권거래제 가격 시나리오를 적용한다.

$$\text{비용} = \text{부족량} \times \text{시나리오별 탄소가격}$$

2022년 5월 자료 기준 탄소배출권거래제의 적용을 받는 대상은 총 95개의 우리나라 외항 해운기업이다. 탄소배출권거래제 가격 시나리오 5개를 적용하여 각각의 시나리오별 우리나라 해운기업이 부담해야 할 비용을 분석한다.

2) 탄소배출권거래제 비용부담액 분석 결과

시나리오 1은 2021년 4월 기준 World Bank가 집계한 우리나라의 탄소 배출권거래제 가격으로, 이산화탄소 톤당 15.9달러이다. <표 4-16>은 시나리오 1을 적용할 경우 기업별 ETS 비용부담액을 나타낸다. 분석 결과 우리나라 해운기업(95개, 1,094척)은 2024년부터 2027년까지 4년간 총 약 8,651억 원의 ETS 대응 추가 비용이 발생할 것으로 예상된다. 배출권 정산 필요량(Surrender)에 대한 단계적 도입(Phase-in) 요건에 따라 매년 비용이 증가하지만 2026년부터 본격 시행될 예정이다. 이에 따라 2026년부터 비용부담액이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 4년간 개별 해운기업의 평균 비용부담액은 91억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 상장 해운기업 4개사를 기준으로 살펴보면 4년간 총 2,582억 원의 ETS 부담금이 발생하며 이는 95개사 합계의 약 30% 수준에 해당된다. 상장 해운기업 4개사의 평균 ETS 부담금은 645억 원으로 95개사 평균인 91원 대비 약 7배 큰 것으로 나타났다.

<표 4-16> 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 1)

단위: 억 원

구분	2023	2024	2025	2026	2027	합계
A사	-	40	234	464	475	1,213
B사	-	27	156	310	317	811
C사	-	12	68	135	138	353
D사	-	7	40	78	80	205
상장 4개사 합계	-	86	498	987	1,011	2,582
상장 4개사 평균	-	21	125	247	253	645
95개사 합계	-	287	1,670	3,308	3,387	8,651
95개사 평균	-	3	18	35	36	91

자료: 저자 작성

시나리오 2는 2021년 4월 기준 World Bank가 집계한 EU의 탄소배출권거래제 가격으로 톤당 49.8달러이다. <표 4-17>은 시나리오 2를 적용할

경우 기업별 ETS 비용부담액을 나타낸다. 분석 결과 우리나라 해운기업은 4년간 총 약 27,096억 원 ETS 대응 추가 비용이 발생할 것으로 예상된다. 4년간 개별 해운기업의 평균 비용부담액은 285억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 상장 해운기업 4개사를 기준으로 살펴보면 4년간 총 8,086억 원의 ETS 부담금이 발생하며 상장 선사의 평균 ETS 부담금은 2,022억 원으로 나타났다.

〈표 4-17〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 2)

단위: 억 원

구분	2023	2024	2025	2026	2027	합계
A사	-	126	733	1,453	1,488	3,800
B사	-	84	490	971	994	2,539
C사	-	37	213	423	433	1,105
D사	-	21	124	245	251	642
상장 4개사 합계	-	268	1,561	3,092	3,166	8,086
상장 4개사 평균	-	67	390	773	791	2,022
95개사 합계	-	899	5,229	10,360	10,607	27,096
95개사 평균	-	9	55	109	112	285

자료: 저자 작성

시나리오 3은 NGFS GCAM모형의 NDCs 시나리오로 톤당 30.14달러이다. 〈표 4-18〉은 시나리오 3을 적용할 경우 기업별 ETS 비용부담액을 나타낸다. 분석 결과 우리나라 해운기업은 4년간 총 16,399억 원 ETS 대응 추가 비용이 발생할 것으로 예상된다. 4년간 개별 해운기업의 평균 비용부담액은 173억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 상장 해운기업 4개사를 기준으로 살펴보면 4년간 총 4,894억 원의 ETS 부담금이 발생하며 상장 해운기업의 평균 ETS 부담금은 1,223억 원으로 나타났다.

〈표 4-18〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 3)

단위: 억 원

구분	2023	2024	2025	2026	2027	합계
A사	-	76	444	879	900	2,300
B사	-	51	297	588	602	1,537
C사	-	22	129	256	262	669
D사	-	13	75	148	152	388
상장 4개사 합계	-	162	944	1,871	1,916	4,894
상장 4개사 평균	-	41	236	468	479	1,223
95개사 합계	-	544	3,165	6,270	6,420	16,399
95개사 평균	-	6	33	66	68	173

자료: 저자 작성

시나리오 4는 NGFS GCAM모형의 Below 2℃ 시나리오로 톤당 41.49 달러이다. 〈표 4-19〉는 시나리오 4를 적용할 경우 기업별 ETS 비용부담액을 나타낸다. 분석 결과 대한민국 해운기업은 4년간 총 22,574억 원 ETS 대응 추가 비용이 발생할 것으로 예상된다. 4년간 개별 해운기업의 평균 비용부담액은 238억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 상장 해운기업 4개사를 기준으로 살펴보면 4년간 총 6,737억 원의 ETS 부담금이 발생하며 상장 해운기업의 평균 ETS 부담금은 1,684억 원으로 나타났다.

〈표 4-19〉 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 4)

단위: 억 원

구분	2023	2024	2025	2026	2027	합계
A사	-	105	611	1,211	1,239	3,166
B사	-	70	408	809	828	2,116
C사	-	31	178	352	360	921
D사	-	18	103	204	209	535
상장 4개사 합계	-	224	1,300	2,576	2,637	6,737
상장 4개사 평균	-	56	325	644	659	1,684
95개사 합계	-	749	4,357	8,631	8,837	22,574
95개사 평균	-	8	46	91	93	238

자료: 저자 작성

시나리오 5는 NGFS GCAM모형의 Net Zero 2050 시나리오로 톤당 61.07달러이다. <표 4-20>은 시나리오 5를 적용할 경우 기업별 ETS 비용 부담액을 나타낸다. 분석 결과 대한민국 해운기업은 4년간 총 33,228억 원 ETS 대응 추가 비용이 발생할 것으로 예상된다. 4년간 개별 해운기업의 평균 비용부담액은 350억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 상장 해운기업 4개사를 기준으로 살펴보면 4년간 총 9,916억 원의 ETS 부담금이 발생하며 상장 선사의 평균 ETS 부담금은 2,479억 원으로 나타났다.

<표 4-20> 기업별 탄소배출권거래제 비용부담액(시나리오 5)

단위: 억 원

구분	2023	2024	2025	2026	2027	합계
A사	-	155	899	1,782	1,824	4,660
B사	-	103	601	1,191	1,219	3,114
C사	-	45	262	518	531	1,355
D사	-	26	152	301	308	787
상장 4개사 합계	-	329	1,914	3,791	3,882	9,916
상장 4개사 평균	-	82	478	948	970	2,479
95개사 합계	-	1,103	6,413	12,705	13,008	33,228
95개사 평균	-	12	68	134	137	350

자료: 저자 작성

<표 4-21>은 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 비용부담액을 비교하여 정리한 표이다. 가장 낮은 가격 시나리오 1을 도입할 경우 톤당 15.9달러로 총 비용부담액이 8,651억 원으로 개별 선사는 평균 91억 원의 비용을 부담하게 된다. 5개 시나리오의 평균 탄소비용은 39.68달러인데 이와 근사값인 시나리오 4를 살펴보면, 우리나라 해운기업의 4년간 총 비용부담액은 22,574억 원이며 개별 선사는 평균 238억 원을 부담하게 될 것으로 예상된다.

IMO에서 2050년까지 탄소중립 목표를 발표하였으므로 Net Zero 2050

시나리오인 시나리오 5를 채택할 가능성이 높다. 톤당 61.07달러로 가장 높은 가격인 시나리오 5를 도입할 경우, 우리나라 해운기업의 4년간 총 비용부담액은 33,228억 원으로 개별 선사는 평균 350억 원을 부담하게 된다.

〈표 4-21〉 시나리오별 탄소배출권거래제 비용(4년 합계)

단위: 억 원

구분	S1	S2	S3	S4	S5
탄소가격 (\$/tCO ₂ eq)	15.9	49.8	30.14	41.49	61.07
상장 4개사 합계	2,582	8,086	4,894	6,737	9,916
상장 4개사 평균	645	2,022	1,223	1,684	2,479
95개사 합계	8,651	27,096	16,399	22,574	33,228
95개사 평균	91	285	173	238	350

자료: 저자 작성

3. 수익성과 재무구조에 미치는 영향

시나리오 1과 같이 탄소배출권거래제 하에서 탄소 톤당 15.9달러로 거래될 경우 우리나라 해운기업 전체의 비용은 2024년부터 2027년까지 4년간 총 8,651억 원 발생하고 연평균으로는 2,163억 원 발생한다. 이 경우 2027년 영업이익률은 기준년도 28.6%에서 28%로 약 0.4% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 11.8%로 약 0.4% 하락할 것으로 예상된다.

시나리오 2와 같이 탄소배출권거래제 하에서 탄소 톤당 49.8달러로 거래될 경우 우리나라 해운기업 전체의 비용은 4년간 총 2조 7,096억 원 발생하고 연평균으로는 6,774억 원 발생한다. 이 경우 2027년 영업이익률은 기준년도 28.6%에서 26.6%로 약 2% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 12.2%에서 11.1%로 약 1.1% 하락할 것으로 예상된다.

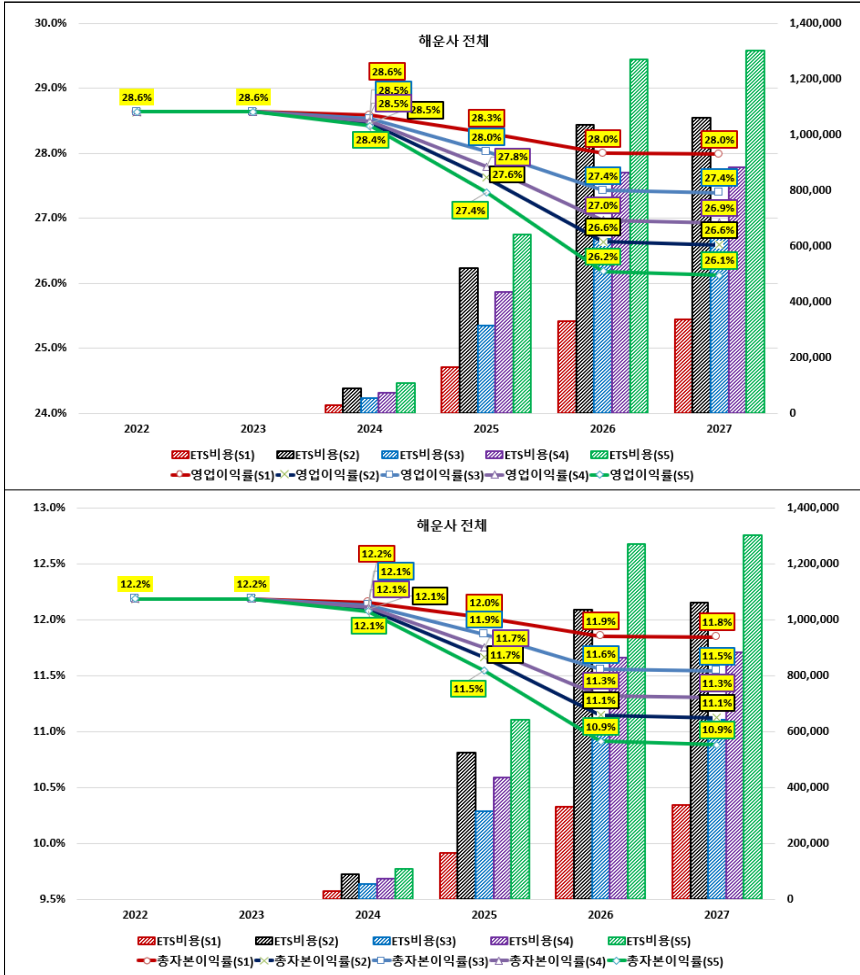
시나리오 3과 같이 탄소배출권거래제 하에서 탄소 톤당 30.14달러로 거래될 경우 우리나라 해운기업 전체의 비용은 4년간 총 1조 6,399억 원 발생하고 연평균으로는 4,100억 원 발생한다. 이 경우 2027년 영업이익률은 기준년도 27.6%에서 27.4%로 약 0.2% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총 자본이익률은 기준년도 12.2%에서 11.5%로 약 0.7% 하락할 것으로 예상된다.

시나리오 4와 같이 탄소배출권거래제 하에서 탄소 톤당 41.49달러로 거래될 경우 우리나라 해운기업 전체의 비용은 4년간 총 2조 2,574억 원 발생하고 연평균으로는 5,644억 원 발생한다. 이 경우 2027년 영업이익률은 기준년도 28.6%에서 26.9%로 약 1.7% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총 자본이익률은 기준년도 12.2%에서 11.3%로 약 0.9% 하락할 것으로 예상된다.

시나리오 5와 같이 탄소배출권거래제 하에서 탄소 톤당 61.07달러로 거래될 경우 우리나라 해운기업 전체의 비용은 4년간 총 3조 3,228억 원 발생하고 연평균으로는 8,307억 원 발생한다. 이 경우 2027년 영업이익률은 기준년도 28.6%에서 26.1%로 약 2.5% 하락할 것으로 예상된다. 또한 총 자본이익률은 기준년도 12.2%에서 10.9%로 약 1.3% 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-22〉 해운기업 전체 수익성과 재무구조 변화

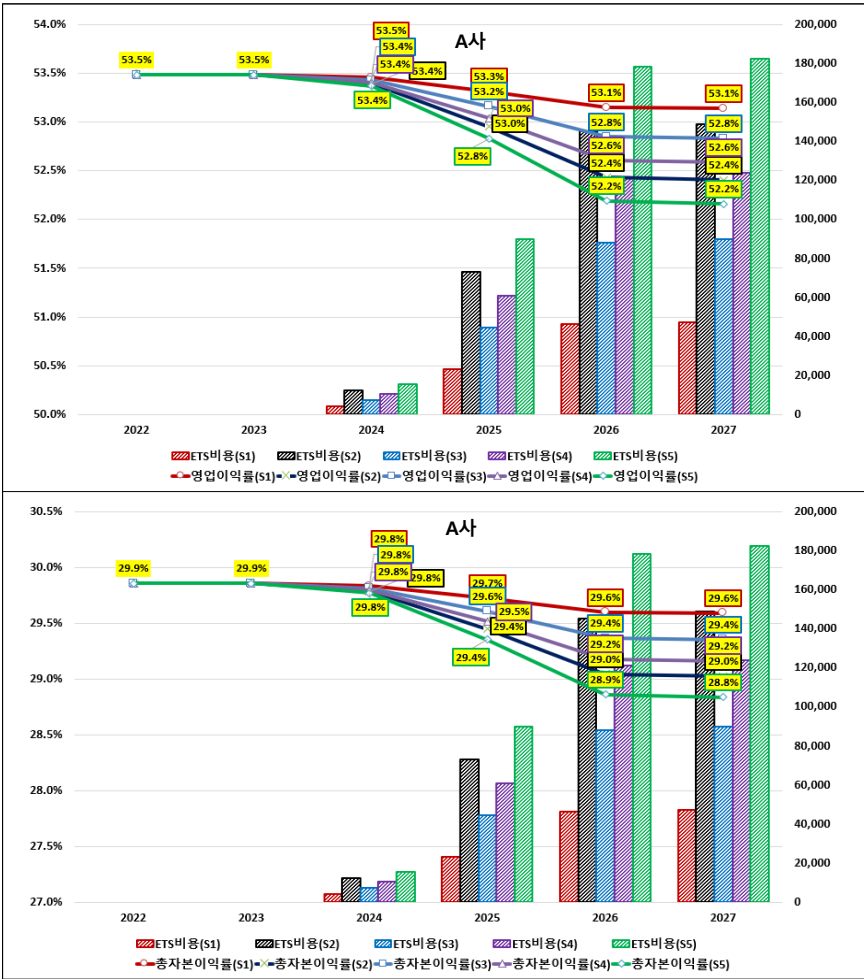
단위: %, 백만 원



자료: 저자 작성

A사는 시나리오별 최소 303억 원에서 최대 1,165억 원의 연평균 비용이 발생할 것으로 예상된다. 2027년 영업이익률은 기준년도 53.5%에서 최대 1.3%(52.2%) 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 29.9%에서 최대 1.1%(28.8%) 하락할 것으로 예상된다.

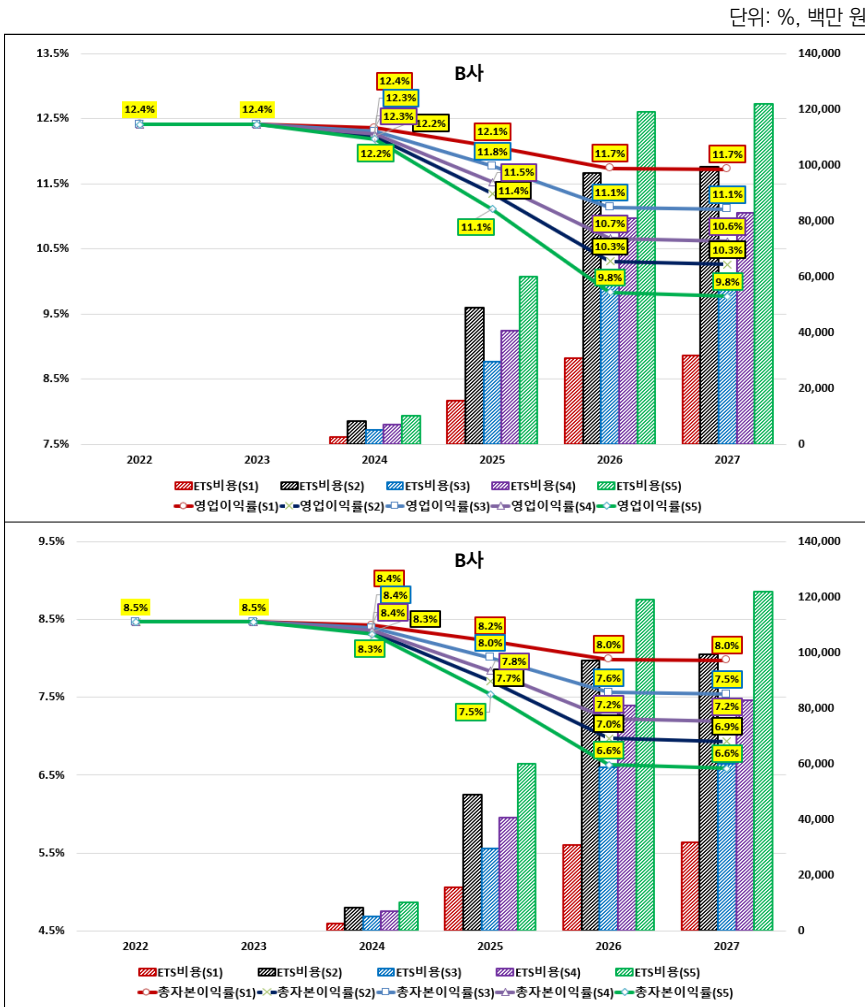
〈표 4-23〉 A사 수익성과 재무구조 변화



자료: 저자 작성

B사는 시나리오별 최소 203억 원에서 최대 779억 원의 연평균 비용이 발생할 것으로 예상된다. 2027년 영업이익률은 기준년도 12.4%에서 최대 2.6%(9.8%) 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 8.5%에서 최대 1.9%(6.6%) 하락할 것으로 예상된다.

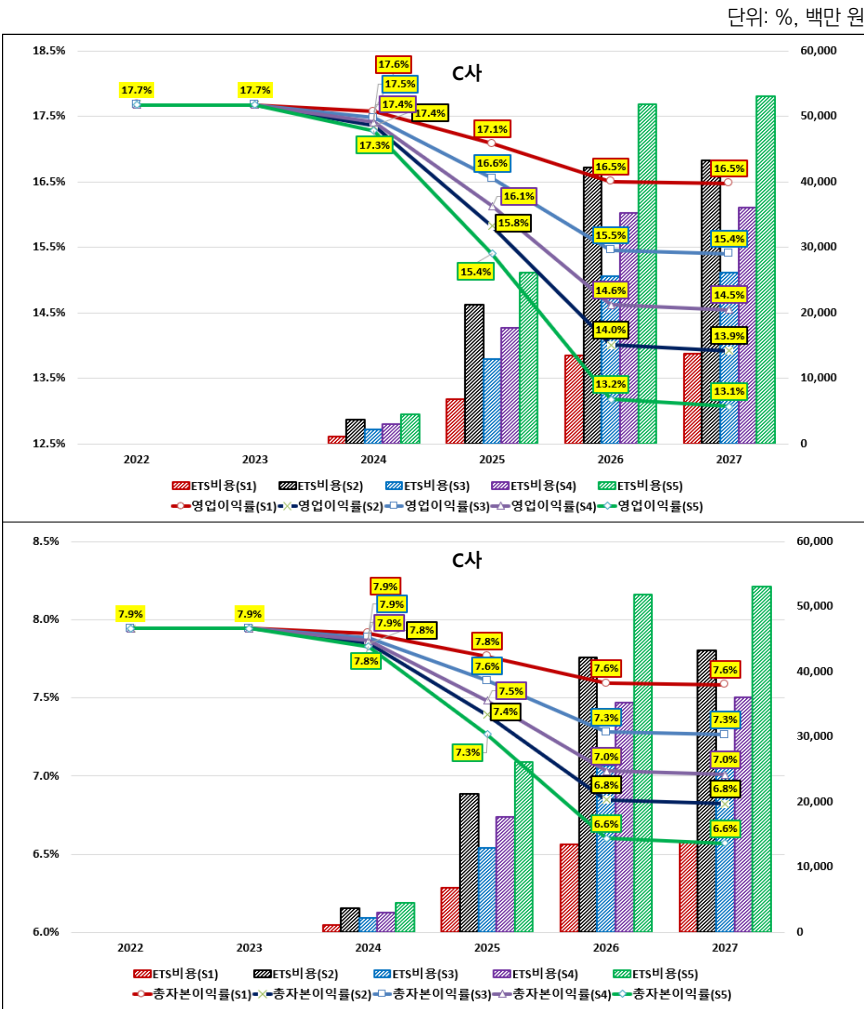
〈표 4-24〉 B사 수익성과 재무구조 변화



자료: 저자 작성

C사는 시나리오별 최소 88억 원에서 최대 339억 원의 연평균 비용이 발생할 것으로 예상된다. 2027년 영업이익률은 기준년도 17.7%에서 최대 4.6%(13.1%) 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 7.9%에서 최대 6.6%(1.3%) 하락할 것으로 예상된다.

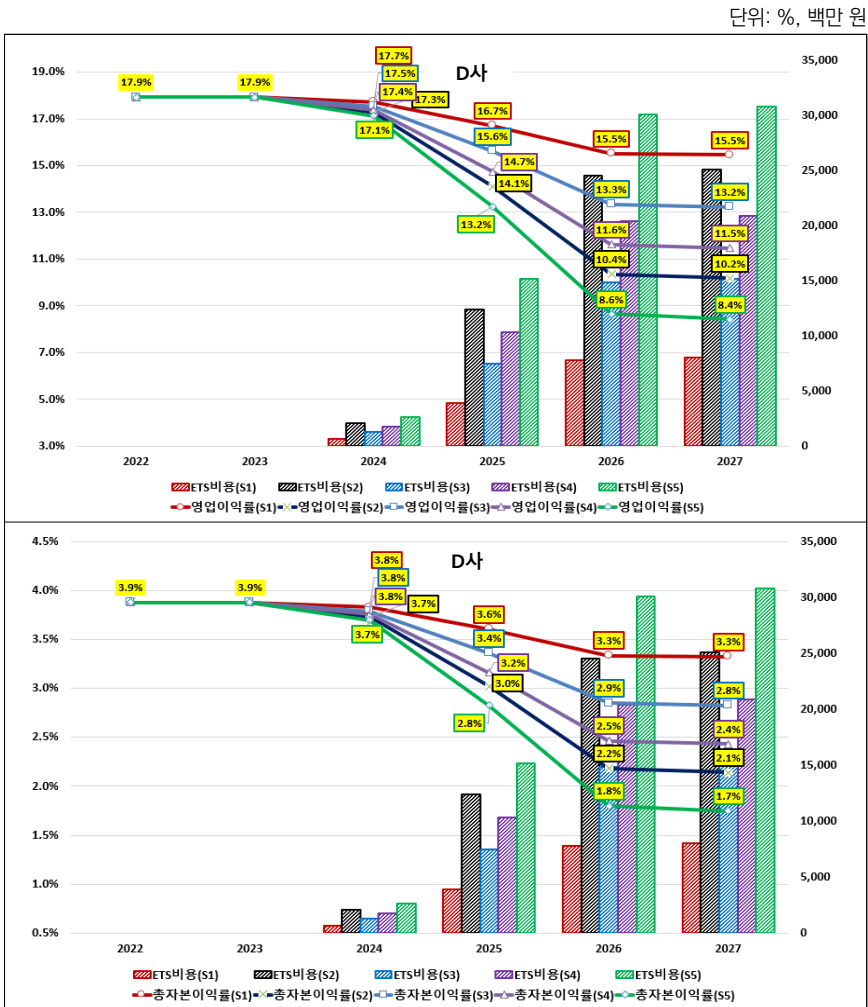
〈표 4-25〉 C사 수익성과 재무구조 변화



자료: 저자 작성

D사는 시나리오별 최소 51억 원에서 최대 197억 원의 연평균 비용이 발생할 것으로 예상된다. 2027년 영업이익률은 기준년도 17.9%에서 최대 9.5%(8.4%) 하락할 것으로 예상된다. 또한 총자본이익률은 기준년도 3.9%에서 최대 2.2%(1.7%) 하락할 것으로 예상된다.

〈표 4-26〉 D사 수익성과 재무구조 변화



자료: 저자 작성

제4절 소결

제4장에서는 탄소세와 탄소배출권거래제 도입에 따른 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조의 변화를 추정했다. 먼저 탄소세와 탄소배출권거래제 각각의 가격 시나리오를 설정하고 가격 시나리오별 해운기업의 비용부담액과 재무구조의 변화를 추정했다. 시장기반조치 도입에 따른 해운기업의 수익성과 재무구조 영향은 제3장 탄소배출량 추정에 활용했던 클락슨 WFR 해운기업 운항선박 자료로 95개 해운기업의 선박 1,094척을 대상으로 분석했다. 95개 해운기업 중 제5장 재무건전성 분석을 위해 4개의 상장 해운기업(A사, B사, C사, D사)에 대해서는 상세히 살펴본다.¹³³⁾ 탄소세의 경우 선박이 배출하는 이산화탄소 1톤당 탄소세를 부과하기 때문에 제3장에서 추정된 탄소배출량을 그대로 적용하여 비용부담액을 추정할 수 있다. 반면 탄소배출권거래제는 각 기업이 배출하는 탄소량을 기준으로 배출허용량과 정산필요량을 산정하기 때문에 비용부담액 추정 방식에 차이가 있다.

먼저 탄소세 도입에 따른 해운기업의 비용부담액과 재무구조 변화를 추정하기 위해 5개의 가격 시나리오를 설정했다. 해운산업에 탄소세가 도입될 경우 국제적으로 논의되고 있는 탄소세 가격과 타 산업에서 이미 시행 중인 탄소세 가격을 고려하여 시나리오를 설정했다. 가격 시나리오는 이산화탄소 톤당 32.8달러에서 150달러까지 5가지로 설정했다.

가장 낮은 탄소세 가격인 시나리오5(\$32.8/t)를 적용할 경우, 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 1조 700억 원 발생하는 것으로 나타났다. 기준년도 대비 당기순이익은 8.8%, 자기자본순이익률은 2.4%, 총자본이익률은 1.1% 하락할 것으로 예상된다. 반면 가장 높은 탄소세 가격인 시나리

133) 제5장 Merton 모형을 통한 재무건전성 분석은 모형의 특성상 상장해운기업을 대상으로만 분석이 가능함

오2(\$150/t)를 적용할 경우, 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 비용은 4조 8,916억 원 발생하는 것으로 나타났다. 기준년도 대비 당기순이익은 40.2%, 자기자본순이익률은 6.0%, 총자본이익률은 4.9% 하락할 것으로 예상된다.

4개 상장 해운기업(A사, B사, C사, D사)를 중심으로 비용부담액과 재무구조 변화를 살펴보면 A사의 탄소세 부담액이 최대 6,862억 원으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음 B사(최대 4,528억 원), C사(최대 1,996억 원), D사(최대 1,158억 원) 순으로 나타났다. A사는 탄소세 비용이 가장 큰 것으로 나타났으나 자기자본순이익률 최대 6.6%(44.9%), 총자본이익률 최대 3.9%(26.0%)로 가장 낮은 비율로 하락했다. B사는 탄소세 비용은 A사보다 낮은 것으로 나타났으나, 자기자본순이익률 최대 12.8%(2.5%), 총자본이익률 최대 7.1%(1.4%)로 A사보다 높은 비율로 하락하는 것으로 나타났다. C사는 탄소세 비용이 A사와 B사보다 훨씬 적지만 자기자본순이익률 최대 7.1%(3.1%) 총자본이익률 최대 5.1%(2.8%)로 A사보다 높은 비율로 하락하는 것으로 나타났다. D사는 탄소세 비용은 가장 낮은 것으로 추정되었으나 자기자본순이익률 최대 33.8%(-17.4%), 총자본이익률 8.0%(-4.1%)로 가장 높은 비율로 하락하는 것으로 나타났다. 분석 결과는 자본과 수익 규모가 작은 기업일수록 재무구조 변화에 더 큰 영향을 받는 것을 보여준다.

둘째, 탄소배출권거래제 도입에 따른 해운기업의 비용부담액과 재무구조 변화를 추정하기 위해 5개의 가격 시나리오를 설정했다. 탄소배출권거래제는 타 산업에서 시행 중인 사례가 있으므로 타 산업에서 시행 중인 탄소배출권거래제 가격 기준과 녹색금융협의체(NGFS)에서 제시한 기후리스크 시나리오 중 널리 활용되는 가격 시나리오를 바탕으로 탄소배출권거래제 가격 시나리오를 설정했다. 가격 시나리오는 이산화탄소 톤당 15.9달러에서 61.07달러까지 5가지로 설정했다.

가장 낮은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오1(\$15.9/t)을 적용할 경우,

우리나라 해운기업 전체의 비용부담액은 4년간(2024~2027년) 총 8,651억 원, 연평균 2,163억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 기준년도 대비 영업이익률 0.4%, 총자본이익률은 0.4% 하락할 것으로 예상된다. 반면 가장 높은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오5(\$61.07/t)를 적용할 경우, 우리나라 해운기업 전체의 비용부담액은 4년간 총 3조 3,228억 원, 연평균 8,307억 원이 발생하는 것으로 나타났다. 기준년도 대비 영업이익률은 2.5%, 총자본이익률은 1.3% 하락할 것으로 예상된다.

4개 상장 해운기업(A사, B사, C사, D사)를 중심으로 비용부담액과 재무구조 변화를 살펴보면 A사의 탄소배출권거래제 부담액이 최대 1,165억 원으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음 B사(최대 779억 원), C사(최대 339억 원), D사(최대 197억 원) 순으로 나타났다. A사는 탄소배출권거래제 비용이 가장 큰 것으로 나타났으나 2027년 영업이익률 최대 1.3%(52.2%), 총자본이익률 최대 1.1%(28.8%)로 가장 낮은 비율로 하락하는 것으로 나타났다. B사는 비용부담액은 A사보다 낮은 것으로 나타났으나, 영업이익률 최대 2.6%(9.8%), 총자본이익률 최대 1.9%(6.6%)로 A사보다 높은 비율로 하락할 것으로 예상된다. C사는 비용부담액이 A사와 B사보다 훨씬 적지만 영업이익률 최대 4.6%(13.1%), 총자본이익률 최대 6.6%(1.3%)로 A사와 B사보다 높은 비율로 하락하는 것으로 나타났다. D사는 비용부담액은 가장 낮지만 영업이익률 최대 9.5%(8.4%)로 가장 높은 것으로 나타났다, 총자본이익률 최대 2.2%(1.7%)로 B사나 C사보다 낮은 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과는 기업의 규모가 작을수록 매출 규모와 자산 규모가 작기 때문에 시장기반조치 도입에 따른 비용 부담이 더 크게 작용하는 것으로 해석할 수 있다.

탄소세와 탄소배출권거래제의 비용부담액 규모를 비교하면 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 동비에 따른 비용부담액은 최대 4조 8,916억 원, 최소 1조 700억 원 발생하는 반면 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담

액은 최대 8,307억 원, 최소 2,163억 원 발생하는 것으로 분석된다. 즉 탄소세 도입 시 탄소배출권거래제보다 우리나라 해운기업의 비용 부담은 훨씬 높은 것으로 나타났다. 탄소세의 경우 해운기업이 선박 운영을 통해 발생하는 탄소배출량을 조절하는 방법으로만 비용부담액을 절감할 수 있지만, 탄소배출권거래제는 탄소배출량 조절 외 탄소배출권 거래 등을 통해 다양한 전략을 수립할 수 있기 때문에 해운기업 입장에서는 탄소배출권거래제의 도입이 더 유리할 것으로 판단된다. 다만 탄소세는 가격이 고정인 반면 탄소배출권거래제는 탄소배출권의 가격이 변동하기 때문에 이를 전략적으로 활용하기 위해서는 이에 대한 전문인력의 양성도 필요할 것이다.

05

시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업의 재무건전성에 미치는 영향

제1절 분석 방법론¹³⁴⁾

KMV-Merton 구조모형(이하 Merton 모형)은 기업에 대한 주주와 채권자의 상태의존계약 개념에서 시작된다. 특정 기업이 할인채 B 를 발행하여 필요자금을 조달하고, 그 기업은 만기 T 시점에 기업의 자산가치 V 가 채권의 액면가 F 이상이면, 채권 보유자는 약정된 부채상환액을 받고, 그 기업의 주주는 남은 자산가치를 가지게 된다. 그러나 V 가 F 보다 작으면, 그 기업은 부도가 난 것으로 간주할 수 있고, 그 기업의 전 자산은 채권자의 소유가 된다.

T 시점 주주의 가치 : $S_T = \text{Max}(0, V_T - F)$

T 시점 채권자의 가치 : $B_T = \text{Min}(F, V_T) = F - \text{Max}(0, F - V_T)$ (1)

134) 장욱·박종원(2009), pp. 40-46, 최영수·장욱(2007), pp. 65-68.을 바탕으로 저자 재작성

주주의 가치는 행사가격 F 를 가진 유럽형 콜옵션을 보유한 것과 동일하다. 채권자의 가치는 무위험채권을 매입하고 행사가격 F 를 가진 유럽형 풋옵션에 대한 매도 포지션을 가진 것과 동일하다.

로지스틱 회귀모형은 비연속적인 재무자료를 활용하기 때문에 연속적인 개념인 부도율을 설명하는데 한계점을 가진다. 또한 과거의 재무자료보다는 기업의 미래 현금흐름에 할인율을 적용한 자산가치¹³⁵⁾가 더 유용하다는 것을 근거로 은행의 부도가 자산가치와 부채가치의 차이에 의해 결정된다고 본다. 따라서 Merton 모형을 활용하여 부도확률을 구하기 위해서는 자산의 가치 및 변동성 추정, 부도위험 측정 수단으로서의 부도거리, 부도자료를 이용한 실제 부도확률로 조정하는 과정이 필요하다.

1. 자산가치 및 변동성 추정

은행의 주가자료를 활용할 수 있는 경우, 주식은 은행의 자산을 기초자산으로 자산의 가치가 부도점(Default Point)에서 0을 갖는 만기가 영구적인 콜옵션(Perpetual Call Option)으로 볼 수 있다. 따라서 옵션평가모형에서 옵션의 시장가격과 변동성을 이용하여 기초자산의 가치와 내재변동성을 도출할 수 있듯이 자산의 가치와 변동성을 도출할 수 있다. 추정을 단순화하기 위해 은행의 자산가치 V_t^A 가 기하적인 브라운 운동(geometric Brownian motion)을 따른다고 가정한다.

135) 기업의 부채 및 주식의 시장가격은 기업의 재무자료, 기업의 향후 전망과 위험, 경제전반에 관한 예측을 종합하여 나타내는 지표이다. Aharoney and Swary(1996)는 주식보유자들이 은행자산의 질에 관한 정보에 따라 합리적으로 반응하고 주가는 은행부도에 관한 유용한 정보를 제공함을 보였고, Gropp·Vesala·Vulpes(2002)은 Merton(1974)의 옵션모형을 이용하여 주가 및 은행발행 채권금리 스프레드를 사용하여 구축한 모형이 유럽 은행들의 부도를 예측하는 데 효과적이었음을 보였다.

$$\frac{dV_t^A}{V_t^A} = \mu dt + \sigma_A dW_t, \quad (2)$$

여기서 W_t 는 표준 브라운 운동을 따르고 σ_A 는 자산의 변동성이고, μ 는 자산의 수익률이다. 부도를 예측하고자 하는 시점이 T 일 때, 이 시점에서 부채의 장부가를 K 라 하면, 블랙숄즈(Black-Scholes, BS) 옵션가격 공식에 의해 주식의 시장가격 V_E 는 다음과 같다.

$$V_E = V_A N(d_1) - e^{-rT} K N(d_2), \quad (3)$$

여기서 r 은 무위험 이자율이고, $V_A = V_0^A$ 이고,

$$d_1 = \frac{\ln(V_A/K) + (r + \sigma_A^2/2)T}{\sigma_A \sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T} \text{ 이다.}$$

수식 (3)으로부터 V_E 는 V_A 에 관한 함수이므로 주식과 자산의 변동성은 다음과 같은 관계를 만족한다.

$$\sigma_E = \sigma_A \frac{V_A}{V_E} \frac{\partial V_E}{\partial V_A}, \quad (4)$$

여기서 σ_E 는 주가의 변동성이고 자산이 기하적인 브라운 운동을 따를 경우에는 $\partial V_E / \partial V_A = N(d_1)$ 임을 알 수 있다.

2. 부도거리(DD: Distance to Default)의 계산

옵션가격모형에서 은행의 자산가치가 부도점 이하로 하락할 경우에 부도가 발생하므로 부도확률은 자산가치가 부도점 이하로 될 확률이다. 만약 자산가치의 분포를 알고 있다면 부도확률은 누적분포함수를 통해 쉽게 계산할 수 있으나 현실적으로 분포를 파악하기는 쉽지 않다. 이런 문제를 해결하기 위하여 Merton 모형에서는 먼저 자산가치가 부도점 간의 간격을 자산가치의 표준편차를 단위로 측정하여 이를 부도거리라고 정의한 후 실증자료의 분포를 이용하여 부도확률을 계산하는 과정을 따른다. 즉, 부도거리는 다음과 같이 산출한다.

$$\text{부도거리(DD)} = \frac{\text{자산가치} - \text{부도점}}{\text{자산가치} \times \text{자산변동성}}$$

예를 들어, A기업의 자산가치가 100억이고, 부도점이 25라면 기업의 순가치는 75로서 75%의 자산가치 하락으로 도산하게 된다. A기업의 자산가치 변동성(표준편차)이 25%, 즉 25라면 부도거리(DD)는 3표준편차의 크기가 된다.

자산가치가 기하적인 브라운 운동을 따를 경우 부도를 예측하고자 하는 시점이 T 일 때, 이 시점에서 부채의 장부가를 K_T 라 하면 부도거리는 수식 (5)와 같다.

$$(DD) = \frac{\ln(V_A/K_T) + (\mu - \sigma_A^2/2)T}{\sigma^2 \sqrt{T}} \quad (5)$$

부도거리는 기업의 기대수익에 관련된 모든 정보를 반영하는 자산가치 V_A , 은행이 지불해야 하는 모든 부채의 장부가를 자산가치로 나눈 차입비율 $L = K_T / V_A$ 과 자산의 위험도를 나타내는 자산의 변동성 σ_A 을 포함하고 있으므로 Gropp, Vesala and Vulpes(2002)가 제시한 은행부실을 나타내는 지표로서 만족해야 할 완전성(completeness)을 갖고 있다. 뿐만 아니라 부도거리는 다음과 같은 세 개의 조건을 만족하고 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{(i)} \quad & \frac{\partial DD}{\partial V_A} = \frac{1}{\sigma_A \sqrt{T} V_A} > 0 \\
 \text{(ii)} \quad & \frac{\partial DD}{\partial L} = -\frac{1}{L} < 0 \\
 \text{(iii)} \quad & \frac{\partial DD}{\partial \sigma_A} = \frac{\ln(V_A/K_T) + \mu T}{\sigma_A^2 \sqrt{T}} - \frac{\sqrt{T}}{2} < 0
 \end{aligned} \tag{6}$$

따라서 부도거리의 음(-)의 값(-DD)은 은행의 부실을 나타내는 지표로서, 자산가치가 증가함에 따라 감소하고, 차입비율이나 자산의 변동성이 증가하면 증가하는 특성을 갖고 있음을 알 수 있고 이를 불편향성(unbiasedness)이라 부른다.

부도에 관한 KMV의 실증적인 자료 분석에 의하면, 일반적으로 자산가치가 총부채의 장부가에 도달하여도 부도가 발생하지 않은 경우가 발생함을 확인할 수 있었고, 따라서 부도가 발생하는 점을 다음과 같이 단순화할 수 있다.

$$\text{부도점} = \text{단기부채} + \text{장기부채}/2$$

3. 부도확률(EDF: Expected Default Frequency)의 계산

Merton 모형에서는 과거 자료를 활용하여 주어진 부도거리로부터 부도 확률을 산출하였고 이를 부도확률(Expected Default Frequency: EDF) 이라고 한다. 예를 들어, 어떤 기업의 1년 후의 부도거리가 7이라면, 부도 거리가 7인 기업모집단(10,000개)에서 1년 후에 5개의 기업에서 부도가 발생할 경우, EDF는 0.05%로 계산한다.

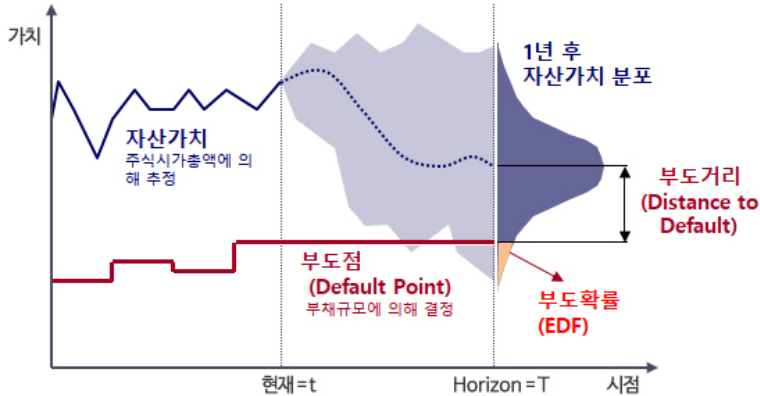
자산가치가 기하적인 브라운 운동을 따를 경우, 부도를 예측하고자 하는 시점이 T 일 때, 이 시점에서 부채의 장부가를 K_T 라 하면 부도확률 EDF는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} EDF &= P [V_T^A \leq K_T | V_0^A = V_A] \\ &= P \left[Z \leq - \frac{\ln(V_A/K_T) + (\mu - \sigma^2/2)T}{\sigma_A \sqrt{T}} \right] = N(-DD) \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 $N(\cdot)$ 는 표준정규분포이고 DD는 전 단계에서 구한 부도거리이다.

DD가 크면 클수록 도산 가능성은 낮아지기 때문에 EDF와 DD와의 관계는 역의 관계이다. DD는 자산의 변동성, 자산의 시장가치 그리고 부도점에 영향을 받으므로 자산의 시장가치가 작을수록, 부채의 장부가치가 클수록, 그리고 자산의 변동성이 클수록 EDF의 크기는 커진다.

〈그림 5-1〉 자산가치의 변화 과정



자료: 한국리스크관리 홈페이지(검색일: 2022.6.8.)

제2절 분석 범위와 자료

무위험이자율은 한국예탁결제원에서 산출하는 한국무위험지표금리(KOFR: Korea Overnight Financing Repo Rate)의 2021년 12월 31일 기준 2.006%를 사용하였다. 상장 해운기업의 주가 변동성과 기업의 시장가치인 시가총액 자료는 FnGuide의 일별 자료를 활용하였다. 본 연구에 활용한 상장 해운기업은 A사, B사, C사, D사이다. 그리고 한국 해운기업의 재무통계는 한국해운협회에서 집계하는 결산재무자료를 활용하였다.

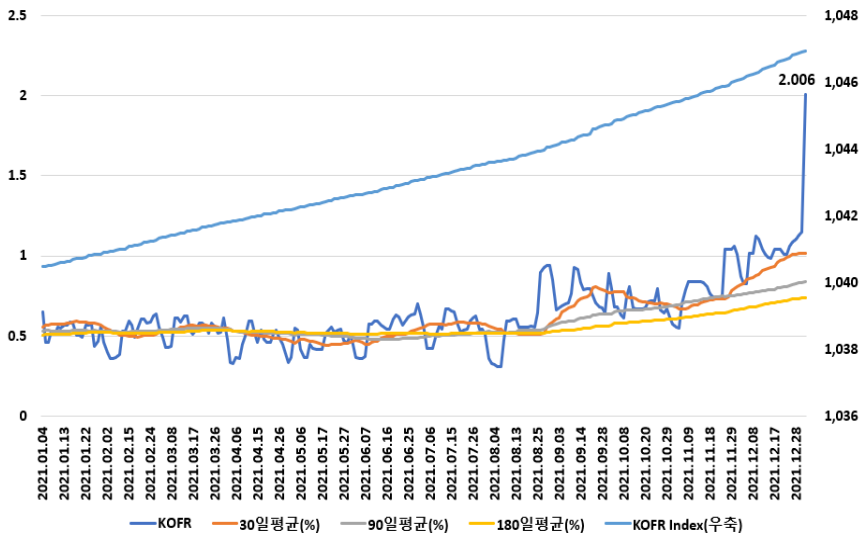
〈표 5-1〉 자료 설명 및 출처

자료	출처
한국무위험지표금리(KOFR)	• 한국예탁결제원
상장 해운기업 주가자료, 시가총액	• FnGuide
우리나라 해운기업 재무통계	• 한국해운협회

자료: 저자 작성

KOFR은 국내 무위험지표금리(RFR: Risk-Free Reference Rate)의 명칭이다. RFR은 무위험 투자로부터 기대할 수 있는 이론적 이자율이며, 현실의 RFR 산출시 이러한 이론상의 무위험에 근접한 금융거래를 활용할 필요가 있다. 미국·영국·유로지역 등 주요국들은 RFR로 익일물(담보 또는 무담보) 금리를 선정하였는데 이는 익일물 거래가 신용도가 높은 금융회사 중심으로 이루어지는 데다 만기가 짧아 무위험(Risk-free)에 부합하는 정도가 높기 때문이다. 또한 실거래를 기반으로 산출되어 조작 가능성이 매우 낮은 점도 특징이다. KOFR는 주요국 사례를 참고하여 국채·통안증권 익일물 RP금리를 통해 산출되고 있다.¹³⁶⁾

〈그림 5-2〉 KOFR 추이



자료: 한국예탁결제원 홈페이지(검색일: 2022.8.6.) 참조하여 저자 작성

상장 해운기업의 주가 변동성 추정을 위해서는 2021년의 일별 주가를 통해 일별 주가 수익률을 산출하고, 일별 주가 수익률의 표준편차에 $\sqrt{250}$

¹³⁶⁾ 한국은행 홈페이지(검색일: 2022.8.6.), 한국예탁결제원 홈페이지(검색일: 2022.8.6.)

을 곱하여 연간 표준편차율을 산출했다. 해운기업별 시가총액은 2021년 말 자료를 활용했다.

〈그림 5-3〉 국내 상장 해운기업 주가 및 시가총액 추이



자료: 저자 작성

산출 결과, A사의 주가 변동성은 0.6056, 시가총액은 13조 1,551억 6,200만 원, B사의 주가 변동성은 0.4814, 시가총액은 2조 8,920억 2,100만 원, C사의 주가 변동성은 0.4675, 시가총액은 8,426억 2,800만 원, D사의 주가 변동성은 0.289, 시가총액은 2,747억 5,300만 원 수준이다.

〈표 5-2〉 국내 상장 해운기업의 시장가치와 주가변동성

구분	Equity(백만 원)	EquityVol
A사	13,155,162	0.6056
B사	2,892,021	0.4814
C사	842,628	0.4675
D사	274,753	0.289

자료: 저자 작성

상장 해운기업의 부채는 한국해운협회에서 매년 집계하는 결산재무자료의 2021년 자료를 사용하였다. A사의 2021년 총부채는 7조 5,178억 600만 원, B사의 총부채는 2조 8,919억 4,200만 원, C사의 총부채는 2조 3,416억 2,000만 원, D사의 총부채는 1조 1,034억 400만 원 수준이다.

〈표 5-3〉 국내 상장 해운기업의 총부채

구분	Liability(백만 원)
A사	7,517,806
B사	2,891,942
C사	2,341,620
D사	1,103,404

자료: 저자 작성

상장 해운기업의 수익률은 각 기업의 총자산을 활용하여 벌어들일 수 있는 기대수익률의 개념으로 EBITDA/총자산을 통해 추정할 수 있다. 한국해운협회의 자료를 통해 추정 결과 A사의 2021년 기준 기대수익률은 0.298564, B사의 기대수익률은 0.084655, C사의 기대수익률은 0.079433, D사의 기대수익률은 0.038771로 추정된다.

〈표 5-4〉 국내 상장 해운기업의 자산가치와 기대수익률

구분	Asset(백만 원)	EBITDA(백만 원)	Drift(기대수익률)
A사	17,876,100	5,337,151	0.298564
B사	6,488,779	549,305	0.084655
C사	3,859,734	306,589	0.079433
D사	1,446,228	56,071	0.038771

자료: 저자 작성

위의 자료를 통해 추정한 상장 해운기업의 DD와 EDF의 결과는 아래 표와 같다. 추정 결과 D사의 DD는 4.1567, EDF는 0.0000으로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났다. 그다음으로는 A사의 DD가 3.1521, EDF는 0.0008,

B사의 DD가 3.0317, EDF가 0.0012, C사의 DD가 2.8816, EDF가 0.0020 순으로 나타났다.

〈표 5-5〉 국내 상장 해운기업별 DD 및 EDF

구분	DD	EDF
A사	3.1521	0.0008
B사	3.0317	0.0012
C사	2.8816	0.0020
D사	4.1567	0.0000

자료: 저자 작성

제3절 분석 결과

1. Merton 모형을 통한 탄소세 도입 영향 분석 결과

탄소세 도입에 따른 영향도 분석은 시나리오별 탄소세를 사용하여 해운기업의 탄소 비용과 조정 EBITDA를 추정하는 방법으로 S&P Global TRUCOST 분석 방법을 벤치마크하여 산출한다. 탄소세 비용 증가로 인해 EBITDA가 감소할 경우 아래의 부도거리(DD) 산정식에서 기대수익률이 감소하게 된다. 그 외의 시가총액, 자산변동성, 총부채, 무위험 이자율 등은 고정이기 때문에 기대수익률의 감소로 DD가 짧아지고, EDF는 증가하게 된다.

$$(DD) = \frac{\ln(V_A/K_T) + (\mu - \sigma_A^2/2)T}{\sigma^2 \sqrt{T}}$$

〈표 5-6〉은 탄소세 시나리오별 상장 해운기업의 EBITDA 감소에 따른 기대수익률의 변화를 나타낸다. 4개 상장 해운기업(A사, B사, C사, D사)을 중심으로 기대수익률을 살펴보면 탄소세 부담액이 증가할수록 기대수익률이 하락한다. 가장 낮은 탄소세 가격인 시나리오5(\$32.8/t)를 적용할 경우, 2021년 기준 기대수익률 대비 A사의 기대수익률은 0.290168(0.0008 ↓), B사는 0.069198(0.015 ↓), C사는 0.068124(0.011 ↓), D사는 0.021249(0.018 ↓)로 나타났다. 한편 가장 높은 탄소세 가격인 시나리오2(\$150/t)를 적용할 경우, 2021년 기준 기대수익률 대비 A사의 기대수익률은 0.260179(0.038 ↓), B사는 0.013992(0.071 ↓), C사는 0.027732(0.052 ↓), D사는 -0.04133(0.080 ↓)으로 나타났다.

〈표 5-6〉 탄소세 시나리오별 국내 상장 해운기업의 기대수익률

구분	Drift(기대수익률)
A사(base)	0.298564
A사(S1)	0.272974
A사(S2)	0.260179
A사(S3)	0.284233
A사(S4)	0.279371
A사(S5)	0.290168
B사(base)	0.084655
B사(S1)	0.037546
B사(S2)	0.013992
B사(S3)	0.058274
B사(S4)	0.049323
B사(S5)	0.069198
C사(base)	0.079433
C사(S1)	0.044966
C사(S2)	0.027732
C사(S3)	0.060131

구분	Drift(기대수익률)
C사(S4)	0.053582
C사(S5)	0.068124
D사(base)	0.038771
D사(S1)	-0.01463
D사(S2)	-0.04133
D사(S3)	0.008865
D사(S4)	-0.00128
D사(S5)	0.021249

자료: 저자 작성

시나리오별 기대수익률을 기준 시나리오와 같이 식(5)와 식(7)을 통해 추정하면 탄소세 시나리오별 기업별 DD와 EDF를 추정할 수 있다. 추정 결과는 아래 표와 같다. 추정 결과를 살펴보면 각 시나리오의 탄소세가 증가할 경우 각 기업의 DD는 짧아지고 EDF는 증가하는 것을 확인할 수 있다.

4개 상장 해운기업의 DD와 EDF 추정 결과를 살펴보면 가장 높은 탄소세 가격인 시나리오2(\$150/t)를 적용할 경우, A사의 DD는 3.0535, EDF는 0.0011로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으며, 그 다음은 D사로 DD 2.7886, EDF 0.0026로 나타났다. 세 번째는 B사로 DD 2.7415, EDF 0.0031로 나타났으며, C사가 DD 2.4722, EDF 0.0067로 부도 가능성이 가장 높게 나타났다. 가장 낮은 탄소세 가격인 시나리오5(\$32.8/t)를 적용할 경우, 부도 가능성이 가장 낮은 해운기업은 D사, A사, B사, C사 순으로 나타났다. D사는 DD 3.8575, EDF 0.0001, A사는 DD 3.1305, EDF 0.0009, B사는 DD 2.9683, EDF 0.0015, C사는 DD 2.7921, EDF 0.0026로 부도 가능성이 가장 높은 것으로 나타났다.

베이스 시나리오에서는 자산가치 변동성이 낮은 D사의 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으나, 탄소세 가격이 가장 높은 시나리오2(\$150/t)를 적용할 경우 D사는 A사에 이에 두번째로 낮은 것으로 변화되었다. 이는 D사

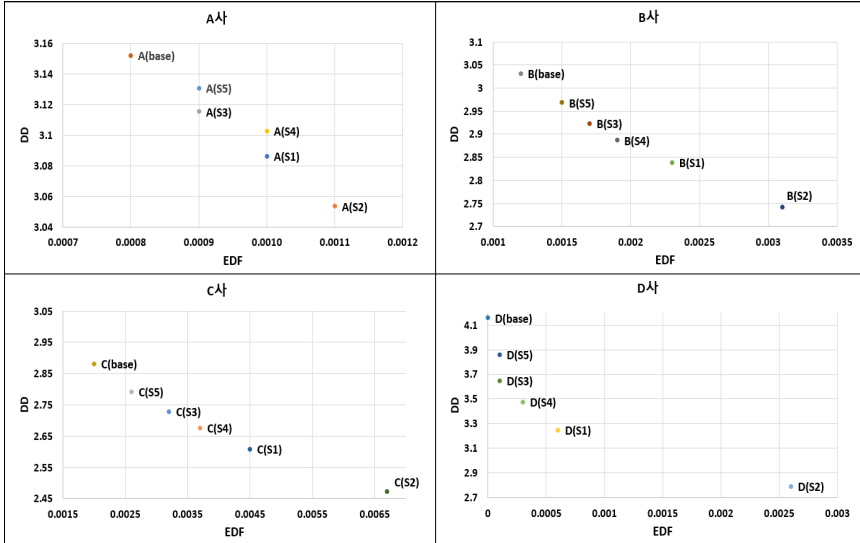
의 경우 자산가치 변동성은 낮지만 EBITDA 역시 타 기업에 현저히 낮기 때문에 제4장의 결과와 같이 탄소세 비용 부담이 기대수익률 변화에 더 크게 작용했기 때문이다.

〈표 5-7〉 탄소세 시나리오별 국내 상장 해운기업의 DD 및 EDF

구분	DD	EDF
A사(base)	3.1521	0.0008
A사(S1)	3.0863	0.001
A사(S2)	3.0535	0.0011
A사(S3)	3.1153	0.0009
A사(S4)	3.1028	0.001
A사(S5)	3.1305	0.0009
B사(base)	3.0317	0.0012
B사(S1)	2.8382	0.0023
B사(S2)	2.7415	0.0031
B사(S3)	2.9234	0.0017
B사(S4)	2.8866	0.0019
B사(S5)	2.9683	0.0015
C사(base)	2.8816	0.002
C사(S1)	2.6087	0.0045
C사(S2)	2.4722	0.0067
C사(S3)	2.7288	0.0032
C사(S4)	2.6769	0.0037
C사(S5)	2.7921	0.0026
D사(base)	4.1567	0.00000
D사(S1)	3.2446	0.0006
D사(S2)	2.7886	0.0026
D사(S3)	3.6459	0.0001
D사(S4)	3.4727	0.0003
D사(S5)	3.8575	0.0001

자료: 저자 작성

〈그림 5-4〉 탄소세 시나리오별 국내 상장 해운기업의 DD 및 EDF



자료: 저자 작성

2. Merton 모형을 통한 탄소배출권거래제 도입 영향 분석 결과

탄소배출권거래제 도입에 따른 영향도 분석은 탄소세 영향도 분석과 마찬가지로 시나리오별 탄소배출권거래제 가격을 사용하여 조정 EBITDA를 추정하고, 이를 통해 시나리오별 상장 해운기업의 DD와 EDF를 추정한다.

〈표 5-8〉은 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 상장 해운기업의 EBITDA 감소에 따른 기대수익률의 변화를 나타낸다. 4개 상장 해운기업(A사, B사, C사, D사)을 중심으로 기대수익률을 살펴보면 탄소배출권거래제 부담액이 증가할수록 기대수익률이 하락한다. 가장 낮은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오1(\$15.9/t)을 적용할 경우, 2021년 기준 기대수익률 대비 A사의 기대수익률은 0.295907(0.0027 ↓), B사는 0.079763(0.0049 ↓), C사는 0.075854(0.0036 ↓), D사는 0.033226(0.0055 ↓)으로 나타났다. 한편 가

장 높은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오5(\$61.07/t)를 적용할 경우, 2021년 기준 기대수익률 대비 A사의 기대수익률은 0.288358(0.0102 ↓), B사는 0.065868(0.0188 ↓), C사는 0.065687(0.0137 ↓), D사는 0.017473(0.0213 ↓)으로 나타났다.

〈표 5-8〉 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 국내 상장 해운기업의 기대수익률

구분	Drift(기대수익률)
A사(base)	0.298564
A사(S1)	0.295907
A사(S2)	0.290242
A사(S3)	0.293527
A사(S4)	0.29163
A사(S5)	0.288358
B사(base)	0.084655
B사(S1)	0.079763
B사(S2)	0.057882
B사(S3)	0.069335
B사(S4)	0.075383
B사(S5)	0.065868
C사(base)	0.079433
C사(S1)	0.075854
C사(S2)	0.068224
C사(S3)	0.072649
C사(S4)	0.071891
C사(S5)	0.065687
D사(base)	0.038771
D사(S1)	0.033226
D사(S2)	0.021404
D사(S3)	0.02826
D사(S4)	0.024302
D사(S5)	0.017473

자료: 저자 작성

4개 상장 해운기업의 DD와 EDF 추정 결과를 살펴보면 가장 높은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오5(\$61.07/t)를 적용할 경우, D사의 DD는 3.793, EDF는 0.0001로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으며, 그 다음은 A사로 DD 3.1259, EDF 0.0009로 나타났다. 세 번째는 B사로 DD 2.9546, EDF 0.0016로 나타났으며, C사가 DD 2.7728, EDF 0.0028로 부도 가능성이 가장 높게 나타났다. 가장 낮은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오 1(\$15.9/t)을 적용할 경우, 부도 가능성이 가장 낮은 해운기업은 D사, A사, B사, C사 순으로 나타났다. D사는 DD 4.062, EDF 0.00000, A사는 DD 3.1452, EDF 0.0008, B사는 DD 3.0116, EDF 0.0013, C사는 DD 2.8533, EDF 0.0022로 부도 가능성이 가장 높은 것으로 나타났다.

탄소배출권거래제 도입 시 D사의 부도 가능성이 가장 낮은 것으로 나타났다. DD 추정에서 자산가치와 자산가치의 변동성은 옵션모형을 기초로 자기자본의 시장가치(시가총액)와 주가 변동성을 통해 추정되는데, D사의 경우 추정된 자산가치 변동성이 다른 기업에 비해 매우 낮기 때문에 DD가 가장 크고 EDF가 가장 낮게 나타난 것으로 보인다.

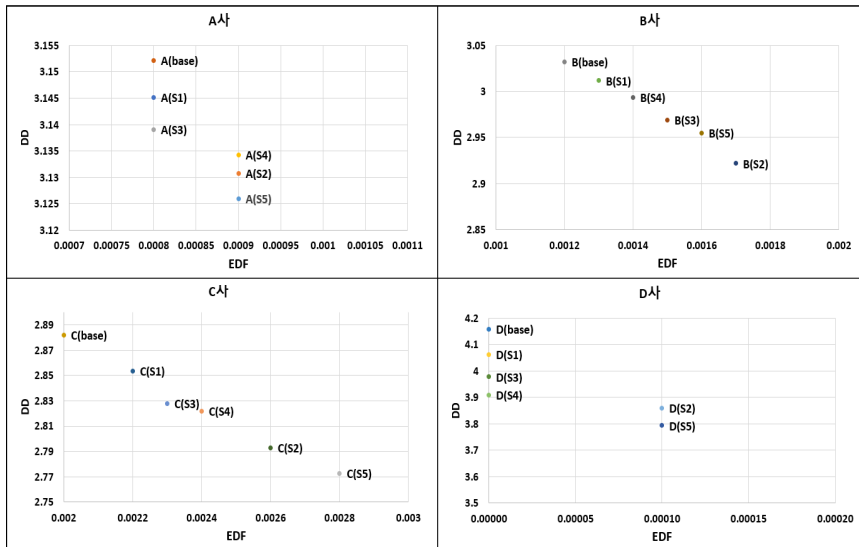
〈표 5-9〉 ETS 가격 시나리오별 국내 상장 해운기업의 DD 및 EDF

구분	DD	EDF
A사(base)	3.1521	0.0008
A사(S1)	3.1452	0.0008
A사(S2)	3.1307	0.0009
A사(S3)	3.1391	0.0008
A사(S4)	3.1343	0.0009
A사(S5)	3.1259	0.0009
B사(base)	3.0317	0.0012
B사(S1)	3.0116	0.0013
B사(S2)	2.9218	0.0017
B사(S3)	2.9688	0.0015
B사(S4)	2.9937	0.0014

구분	DD	EDF
B사(S5)	2.9546	0.0016
C사(base)	2.8816	0.002
C사(S1)	2.8533	0.0022
C사(S2)	2.7928	0.0026
C사(S3)	2.8279	0.0023
C사(S4)	2.8219	0.0024
C사(S5)	2.7728	0.0028
D사(base)	4.1567	0.00000
D사(S1)	4.062	0.00000
D사(S2)	3.8601	0.0001
D사(S3)	3.9772	0.000000
D사(S4)	3.9096	0.000000
D사(S5)	3.793	0.0001

자료: 저자 작성

〈그림 5-5〉 국내 상장 해운기업의 ETS 시나리오별 DD 및 EDF



자료: 저자 작성

제4절 소결

제4장에서 재무·회계학적 방법을 통해 시장기반조치 도입 시 우리나라 해운기업의 비용부담액을 추정하고 이에 따른 해운기업의 수익성과 재무구조에 미치는 영향을 분석했다. 이와 같은 재무·회계학적 분석은 시나리오별 영향을 직관적으로 보여줄 수 있는 장점은 있으나, 기업의 재무건전성의 변화를 측정하지는 못한다.

한편 1장 선행연구 분석에서 살펴본 바와 같이 Merton 모형에 대한 연구는 학술적인 용도뿐만 아니라 실무에서의 적용을 위한 연구가 진행 중이다. 특히 최근 기후변화 또는 탄소세 적용에 따른 기업의 재무적 안정성 분석을 위해 Merton 모형을 활용하고 있다. 특히 이러한 연구는 주로 금융기관을 위주로 연구되어 왔으며 해운산업을 대상으로 진행된 연구는 아직 미흡한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 금융기관이나 타 산업에서 많이 활용되고 있는 Merton 모형을 활용하여 시나리오별로 해운기업의 재무건전성 변화를 추정했다. 탄소세와 탄소배출권거래제 도입에 따른 영향도 분석은 시나리오별 ETS 가격을 사용하여 조정 EBITDA를 추정하고, 이를 통해 시나리오별 상장 해운기업의 DD와 EDF를 추정했다. 상장 해운기업의 주가 변동성과 기업의 시장 가치인 시가총액 자료는 FnGuide 자료를 활용하였다. 본 연구에 활용한 상장 해운기업은 A사, B사, C사, D사이다.

탄소세의 경우 4개 상장 해운기업의 DD와 EDF 추정 결과를 살펴보면 가장 높은 탄소세 가격인 시나리오2(\$150/t)를 적용 시 부도 가능성이 가장 낮은 기업은 A사, D사, B사, C사 순으로 나타난 반면 가장 낮은 탄소세 가격인 시나리오5(\$32.8/t)를 적용할 경우, 부도 가능성이 가장 낮은 해운기업은 D사, A사, B사, C사 순으로 나타났다

가장 높은 탄소세 가격(\$150/t) 적용 시, A사의 DD는 3.0535, EDF는 0.0011로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으며, 그 다음은 D사로 DD 2.7886, EDF 0.0026, B사 DD 2.7415, EDF 0.0031, C사 DD 2.4722, EDF 0.0067로 C사의 부도 가능성이 가장 높게 나타났다. 가장 낮은 탄소세 가격(\$32.8/t) 적용 시, D사는 DD 3.8575, EDF 0.0001, A사는 DD 3.1305, EDF 0.0009, B사는 DD 2.9683, EDF 0.0015, C사는 DD 2.7921, EDF 0.0026로 나타났다.

베이스 시나리오에서는 자산가치 변동성이 낮은 D사의 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으나, 탄소세 가격이 가장 높은 시나리오2(\$150/t)를 적용할 경우 D사는 A사에 이에 두번째로 낮은 것으로 순위가 변화했다. 이는 D사의 경우 자산가치 변동성은 낮지만 EBITDA 역시 타 기업에 현저히 낮기 때문에 제4장의 결과와 같이 탄소세 비용 부담이 기대수익률 변화에 더 크게 작용했기 때문이다.

탄소배출권거래제의 경우 4개 상장 해운기업의 DD와 EDF 추정 결과를 살펴보면 가장 높은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오5(\$61.07/t) 적용 시 부도 가능성이 가장 낮은 기업은 D사, A사, B사, C사 순으로 나타났으며, 가장 낮은 탄소배출권거래제 가격인 시나리오1(\$15.9/t)도 마찬가지로 부도 가능성이 가장 낮은 해운기업이 D사, A사, B사, C사 순으로 나타났다.

가장 높은 탄소배출권거래제 가격(\$61.07/t)적용 시, D사의 DD는 3.793, EDF는 0.0001로 부도 가능성이 가장 낮게 나타났으며, A사 DD 3.1259, EDF 0.0009, B사 DD 2.9546, EDF 0.0016, C사 DD 2.7728, EDF 0.0028로 부도 가능성이 가장 높게 나타났다. 가장 낮은 탄소배출권거래제 가격(\$15.9/t) 적용 시, D사는 DD 4.062, EDF 0.00000, A사는 DD 3.1452, EDF 0.0008, B사는 DD 3.0116, EDF 0.0013, C사는 DD 2.8533, EDF 0.0022로 나타났다.

제4장의 분석 결과에서 시장기반조치 도입 시 규모가 작은 D사가 가장 크게 영향을 받는 것으로 분석되었으나, Merton 모형을 적용한 재무건전성 분석에서 탄소배출권거래제 도입 시 D사는 부도 가능성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 DD 추정에서 자산가치와 자산가치의 변동성은 옵션 모형을 기초로 자기자본의 시장가치(시가총액)와 주가 변동성을 통해 추정되는데, D사의 경우 추정된 자산가치 변동성이 다른 기업에 비해 매우 낮기 때문에 DD가 가장 크고 EDF가 가장 낮게 나타난 것으로 볼 수 있다.

06

연구결과 요약 및 향후과제

제1절 연구결과 요약

본 연구의 목적은 첫째, 해운 부문 국제 환경 규제와 대응 동향 및 전망을 살펴보는 것이다. IMO 시장기반조치(MBM)와 EU의 'Fit for 55'에서 논의중인 탄소세와 배출권거래제(ETS)를 중심으로 논의 동향을 살펴보고 주요국 및 국제선사의 대응 방향과 계획을 살펴보는 것이다. 둘째, IMO의 시장기반조치 시행 시 우리나라 해운기업의 비용 증가 효과와 이에 따른 선사의 수익성 및 재무 건전성에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 셋째, 시장기반조치 도입 시나리오에 따른 우리나라 해운산업에 미치는 효과 분석 방법이 체계화되어 있지 않기 때문에 관련 연구의 분석 기반을 제시하는 것이다. 그리고 이를 통해 기업 차원에서는 경영전략을 마련하고 정부 차원에서는 정책 마련을 위한 자료를 제공하는 것이다.

이에 본 연구는 탄소배출량 감축을 위한 시장기반조치를 해운산업까지 확대할 경우 우리나라 해운기업의 탄소배출량을 추정하고 이에 따라 추가로 부담해야 할 비용부담액과 그에 따른 수익성과 및 재무건전성에 미치는 영향을 실증적으로 분석했다.

구체적으로 제2장에서는 해운산업에서 국제 환경 규제와 대응 동향 및 전망을 살펴봄으로써 시장기반조치 도입에 따른 대응방안의 중요성을 강조했다. 먼저 IMO와 EU를 중심으로 국제 환경 규제를 살펴보고 주요국 및 해외 주요 해운기업의 대응 동향을 살펴보았다.

주요국 대응 동향을 살펴보면 타 산업이 국가 차원에서 탄소세나 탄소배출권거래제를 도입하고 있으나 해운산업까지 적용되지는 않은 실정이다. 해운산업으로의 환경 규제 확대 논의가 최근에 이루어졌기 때문에 공식적이고 구체적인 적용 방안은 결정되지 않았으며 논의 중에 있다. 향후 IMO와 EU가 제안한 환경 규제 방안이 국가별로 적용될 가능성이 높기 때문에 해운 주요국은 이에 대응하여 친환경 선박 지원, 탄소세 도입 방안, 온실가스 감축 로드맵 수립 등 온실가스를 줄이기 위한 정책 방안을 제시하고 있다. 우리나라의 경우 친환경 선박 보급 지원 정책을 시행하고 있다.

글로벌 선사는 주요국에 비해 더 구체적인 대응 방안을 제시하고 있다. 머스크(A.P. Møller Maersk)는 벙커유에 대한 탄소세를 석유 톤당 450달러로 제한하고 2050년까지 친환경 연료를 사용한 소형 컨테이너선을 운항할 계획이다. 또한 여러 화주들과 Transform to Net Zero를 실행하여 탄소중립 로드맵을 개발하고 제공할 예정이다. CMA-CGM은 화석연료 투자철회 정책을 시행해 화석연료에 의존하는 에너지 회사들로부터 투자를 철회하기로 결정했다. 친환경 수소를 개발·생산하는 Jupiter 1000 프로젝트에도 합류하여 장기적으로 화석연료 대안을 찾기 위해 노력하고 있다. MSC(Mediterranean Shipping Company)는 탈탄소화 대체연료를 개발하기 위해 국제해양연구개발위원회(IMRB)에 연구개발 자금을 지원하고 있다. A사의 경우 환경 규제에 대응하기 위한 단기적 조치로 스크러버를 설치했으며 스크러버 설치 선박 비율이 75%로 매우 높은 비율을 보이고 있다. 장기적 조치로는 친환경 연료인 바이오중유를 도입하기 위한 연구를 진행 중이다. 그러나 우리나라 선사의 경우 환경 규제에 대한 대응이 글로

별 선사에 비해 미흡한 실정이다. 스크러버 설치, 선박 운항속도 제한 등 단기적 방안뿐만 아니라 국제 환경 규제에 대한 장기적 방안을 마련할 필요가 있다.

IMO의 2050년 탄소중립·탄소제로 목표 설정과 EU 'Fit for 55'에 따른 환경 규제조치 논의 결과에 따라 우리나라 해운업계의 불확실성과 우려가 높아지고 있다. 특히 탄소세나 ETS 등 시장기반조치 도입 시 탄소배출량이 많은 해운산업을 중심으로 영업이익률 하락 및 탄소 저감을 위한 설비투자 비용의 증가 등이 예상되므로 우리나라 해운기업은 이에 대한 대응책 마련이 필요하다.

제3장에서는 IMO GHG 연구의 상향식 방법(Bottom-up)을 토대로 우리나라 해운기업의 연간 연료소모량과 탄소배출량을 추정했다. 추정을 위해 우리나라 해운기업 운항선박 통계 및 재무자료, IMO 2018년 상향식(Bottom-up) 방식의 선대별 표준 자료를 사용했다. 클락슨 WFR 데이터 기준 우리나라 해운기업 총 95개사, 1,094척에 대한 연료소모량은 9,211킬로톤, 탄소배출량은 약 2,850만 톤이다. 선종별로 살펴보면 벌크선의 경우 309척으로 척 수가 가장 많으며 연간 탄소배출량은 약 802만 톤, 컨테이너선의 경우 209척으로 연간 탄소배출량은 807만 톤, 유조선은 67척으로 연간 탄소배출량은 357만 톤으로 나타났다. 벌크선, 컨테이너선, 유조선은 척 수가 많은 만큼 총 연료소모량과 탄소배출량의 대부분을 차지하고 있으며 컨테이너선의 경우 벌크선이나 유조선보다 척수가 적지만 탄소배출량은 훨씬 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 컨테이너선이 벌크선이나 탱커선에 비해 평균 항해 일수가 많고, 정시성이 중요하기 때문에 저속 항해에 제한이 있어 자연스럽게 연료소모량이 커지기 때문인 것으로 판단된다.

또한 상장 해운기업 4개사(A사, B사, C사, D사)를 살펴보면 A사는 보유 선박 55척으로 연간 탄소배출량은 400만 톤, B사는 보유 선박 110척으로

연간 탄소배출량 267만 톤, C사는 보유 선박 39척으로 연간 탄소배출량은 116만 톤, D사는 보유 선박 29척, 67만 톤으로 나타났다. A사는 B사에 비해 보유 선박 척수가 2배 적지만 탄소배출량은 4개 해운기업 중 가장 높게 나타났다. 이는 A사는 컨테이너선 비중이 높기 때문이다. 따라서 기업별 보유 선대의 특성이 총 탄소배출량에 영향을 미치는 주요한 요인 중 하나라 볼 수 있다.

제4장에서는 제3장에서 추정한 탄소배출량을 바탕으로 탄소세 및 탄소배출권거래제 가격 시나리오별 시장기반조치 도입에 따른 우리나라 해운기업의 비용부담액과 재무구조의 영향을 추정했다.

탄소세 가격 시나리오는 해운산업에 탄소세가 도입될 경우 논의되고 있는 탄소세 가격과 타 산업에서 이미 시행 중인 탄소세 가격을 고려하여 5개의 가격 시나리오를 설정했다. 가격 시나리오는 이산화탄소 톤당 32.8달러에서 150달러까지 구분했다. 그리고 탄소배출권거래제 가격 시나리오는 타 산업에서 시행 중인 탄소배출권거래제 가격 기준과 녹색금융협의체(NGFS)에서 제시한 기후리스크 시나리오 중 널리 활용되는 가격 시나리오를 바탕으로 5개의 가격 시나리오를 설정했다. 가격 시나리오는 탄소배출 톤당 15.9달러에서 61.07달러까지 구분했다.

탄소세와 탄소배출권거래제의 비용부담액 규모를 비교하면 우리나라 해운기업 전체의 탄소세 도입에 따른 비용부담액은 최대 4조 8,916억 원, 최소 1조 700억 원 발생하는 반면 탄소배출권거래제 도입에 따른 비용부담액은 최대 8,307억 원, 최소 2,163억 원 발생하는 것으로 분석된다. 시나리오별 비용 증가에 따른 재무구조 역시 탄소배출권거래제에 비해 탄소세의 경우가 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

상장 해운기업 4개(A사, B사, C사, D사)를 살펴보면 먼저 A사는 탄소세를 적용할 경우 연간 최소 1,501억 원에서 최대 4,574억 원의 탄소세 비용

이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제를 적용할 경우 연평균 최소 303억 원에서 1,165억 원이 발생할 것으로 예상된다. B사는 탄소세를 적용할 경우 연간 최소 1,003억 원에서 최대 4,585억 원의 탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제를 적용할 경우 연평균 최소 203억 원에서 779억 원이 발생할 것으로 예상된다. C사는 탄소세를 적용할 경우 연간 최소 436억 원에서 최대 1,996억 원의 탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제를 적용할 경우 연평균 최소 89억 원에서 339억 원이 발생할 것으로 예상된다. D사는 탄소세를 적용할 경우 연간 최소 417억 원에서 최대 1,906억 원의 탄소세 비용이 발생할 것으로 추정되며, 탄소배출권거래제를 적용할 경우 연평균 최소 51억 원에서 197억 원이 발생할 것으로 예상된다. 상장 해운기업별 분석 결과에서도 탄소배출권거래제 도입 시에는 수익성과 재무구조가 기준년도 대비 하락하긴 하지만, 마이너스 실적을 기록할 수준은 아니다. 그러나 탄소세 적용 시나리오에서는 규모가 작은 기업의 경우 탄소세 가격에 따라 수익성과 재무비율이 마이너스로 전환되는 결과가 나타났다.

즉 탄소세 도입 시 탄소배출권거래제보다 우리나라 해운기업의 비용 부담은 훨씬 높은 것으로 판단된다. 탄소세의 경우 해운기업이 선박 운영을 통해 발생하는 탄소배출량을 조절하는 방법으로만 비용부담액을 절감할 수 있지만, 탄소배출권거래제는 탄소배출량 조절 외 탄소배출권 거래 등을 통해 다양한 전략을 수립할 수 있기 때문에 해운기업 입장에서는 탄소배출권거래제의 도입이 더 유리할 것으로 판단된다. 다만 탄소세는 가격이 고정인 반면 탄소배출권거래제는 탄소배출권의 가격이 변동하기 때문에 이를 전략적으로 활용하기 위해서는 이에 대한 전문인력의 양성도 필요할 것이다.

제5장에서는 금융산업에서 기후위기에 따른 영향을 분석하기 위해 활용하는 Merton 모형을 적용하여 우리나라 해운기업의 재무건전성을 분석했

다. 분석 결과 탄소세와 탄소배출권 시나리오에 따라 각 상장 해운기업의 비용 부담이 증가할 경우 자산대비 기대수익률이 낮아져 DD는 낮아지고 EDF는 높아지는 것으로 나타났다. 한편 4장의 분석 결과에서 시장기반조치 도입 시 규모가 작은 D사가 가장 크게 영향을 받는 것으로 보였으나, Merton 모형을 적용한 재무건전성 분석에서는 부도 가능성이 가장 낮게 나타났다. DD 추정에서 자산가치와 자산가치의 변동성은 옵션모형을 기초로 자기자본의 시장가치(시가총액)와 주가 변동성을 통해 추정되는데, D사의 경우 추정된 자산가치 변동성이 다른 기업에 비해 매우 낮기 때문에 DD가 가장 크고 EDF가 가장 낮게 나타난 것으로 보인다.

제2절 향후 과제

1. 학술적 과제

본 연구의 학술적 기여점은 다음과 같다. 첫째, 국내에서 해운산업의 탄소세 혹은 탄소배출권거래제 도입에 관련된 연구는 아직까지 많이 수행되지 않았다는 점과 대부분의 선행연구는 시장기반조치에 따른 선사의 탄소배출량 추정에 집중한 반면 본 연구는 시나리오별 탄소배출량에 따른 우리나라 해운기업의 수익성과 재무구조에 미치는 영향까지 분석 범위를 확장했다는 데 기여점이 있다.

둘째, 기후위기에 따른 부도확률 스트레스 테스트를 위해 금융산업에서 사용하고 있는 Merton 모형을 해운산업에 적용한다는 데 의의가 있다. 금융 부문에서는 기후변화에 따른 금융 부문 영향을 파악하기 위해 기후위기

스트레스 테스트가 각국의 중앙은행을 중심으로 이루어지고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 Merton 모형을 적용하여 탄소세와 탄소배출권거래제 도입에 따른 해운기업의 재무건전성을 변화를 추정했다

그럼에도 불구하고 본 연구에서 다루지 못한 한계점과 향후과제는 다음과 같다.

첫째, 연료별 선박 경제성 분석 연구가 진행될 필요가 있다. 환경 규제에 대응하기 위해 선사나 조선사 그리고 국가 차원에서 탄소배출량을 저감할 수 있는 대체연료 추진선박에 대한 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 각 연료의 가격 수준과 해당 기술이 적용된 선박의 경제성을 평가할 만한 구체적 자료 확보가 어렵다. 따라서 각 대체연료에 따른 경제성 분석 기초자료 마련이 필요할 것이다.

둘째, 실제 보고된 선박별 탄소배출량을 활용하여 연구할 필요가 있다. 해운기업의 탄소배출량 보고가 의무화되지 않았기 때문에 실제 해운기업이 보유한 선박별 탄소배출량을 파악하기 어렵다. 본 연구에서는 연료소모량과 탄소배출량을 IMO GHG 연구 상향식(Bottom-up) 방법에 기반하여 추정했다. IMO가 선박별 탄소배출량 보고를 의무화 한다면 실제 배출량을 적용해 더 정확한 분석이 가능할 것이다.

셋째, Merton 모형을 활용하여 재무건전성 분석 시 우리나라 해운기업의 개별 선박 상세 시계열 자료를 확보하지 못해 단년도만 분석했다는 한계가 있다. 시계열 자료를 확보하여 과거의 트렌드를 반영한 연구를 진행할 필요가 있다.

2. 정책적 과제

본 연구는 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업의 재무건전성에 미치는 영향을 분석하는 기초연구이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 향후 해운산업에 탄소세와 탄소배출권거래제 도입 시 정부 또는 해운기업의 정책방향 설정에 활용될 수 있다. 본 연구의 분석 결과는 해운산업이 호황일 때를 기준으로 삼았다. 그래서 국내 해운기업의 비용부담액이 현시점에서는 크지 않은 것으로 보이나, 실질적으로 시장기반조치 도입 시 해운기업 수익이 낮을 경우에는 해운기업 입장에서는 큰 부담이 될 수 있다. 이에 해운기업 차원에서만 국제 환경 규제에 대응하는 것은 한계가 있기 때문에 정부 차원에서 정책적 지원 방안을 마련해야 한다. 이러한 측면에서 추후 본 연구와 관련된 사항을 검토할 필요가 있다.

첫째, 정부는 국적 선대의 경쟁력 강화를 위해 해운기업의 친환경 선박 개발 및 건조를 위한 지원을 확대할 필요가 있다. 정부에서는 현재 친환경 선박 기술개발을 위해 예산을 투입하고 있으나, 선박의 기술을 개발하는 공급자와 실제 선박을 이용하는 수요자의 상생협력체계를 구축하고 실효성 있는 정책 추진이 필요하다. 그간 우리나라 벌크선사들은 건조 가격이 저렴한 중국 조선소에 선박을 건조하는 비중이 높아 국내 조선소 발주 비중은 10~20% 수준에 불과해 국가 경제적으로 큰 손실이 발생했다. 향후에는 환경 규제에 따라 벌크선 역시 LNG 추진선 등의 고효율 연료 추진선으로 대체 건조 비중이 높아질 것으로 예상된다. 우리나라 조선사의 경우 LNG 선등 고효율 선박 건조의 경우 독보적인 경쟁력을 보유하고 있다. 따라서 향후 정부 차원에서 해운기업-조선기업-금융기관 상생협력 체계를 구축하고 해운기업은 고품질의 친환경 선박을 저렴한 선가로 조달할 수 있는 환경 마련이 필요하다. 이를 위해서는 벌크선의 표준선형 개발 등을 위한 R&D 지원 등에 대한 검토도 필요할 것이다.

둘째, 현재 추진중인 친환경 선박전환 보조금 지원 사업의 확대가 필요하다. 기존의 친환경선박 전환 지원사업의 예산 제약으로 인해 폐선과 신조가 동시에 이루어져야 보조금이 지급된다. 국제 환경 규제는 2050년까지 지속적으로 풀어나가야 할 숙제이기 때문에 단기간의 지원으로 큰 효과를 기대하기는 어렵다. 따라서 장기적인 관점에서 다양한 지원 대상에 대한 충분한 예산지원이 필요하다.¹³⁷⁾

셋째, 민간자본의 선박금융 참여를 확대하는 다양한 방안들을 마련할 필요가 있다. 해외에서는 선박과 관련하여 녹색 선박 채권 발행을 통해 민간자본의 선박금융 참여를 확대하는 다양한 방안들이 제시되고는 있지만 아직까지 국내에서는 해운산업에 녹색채권을 적용하는 방안에 대한 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 선박 온실가스 감축을 위한 장비 설치 및 개선 비용 보조, 해운산업에서는 IMO 환경 규제에 따라 친환경선박 확보가 해운기업의 생존에 필수적인 요소가 될 전망이며 이에 따라 해외 해운 주요국은 친환경 선박 보조금 지원 등 녹색금융을 통해 해운기업의 친환경선박 확보를 지원하고 있다. 국제 환경 규제에 대응함과 동시에 우리나라 해운산업의 지속가능한 글로벌 경쟁력 확보를 위해 해운산업에 대한 녹색금융의 수단을 발굴하여 지원책을 마련할 필요가 있다.

넷째, 친환경 선박을 건조하는 경우 조세혜택을 검토해볼 수 있다. 박성화·고병욱·이경미(2021)에 따르면 싱가포르의 경우 LNG 연료 추진선의 경우 초기등록세 75% 감축 및 연간 톤세 50% 인하, LNG보다 탄소 함량이 적은 연료를 사용하는 선박에 대해서 초기등록세 50% 감면 및 연간 톤세를 20% 인하하고 있다. 따라서 우리나라의 경우에도 기존의 선박등록특구제도와 톤세에 친환경 선박 특례를 적용하여 지원하는 제도의 검토가 필요하다. 또한 금융 조달의 수단으로서 선박투자회사제도를 이용하는 경우

137) 박성화·고병욱·이경미(2021)

투자자 혜택을 제공하거나 현재 정부에서 추진중인 선박 조세리스 제도 도입에 있어서 친환경 선박을 건조하는 경우에 제도의 적용이 가능하도록 제도를 검토할 필요도 있어 보인다.

마지막으로 해운 부문의 환경 규제에 따른 비용 부담을 해운기업 입장에서 모두 부담해야 할 문제인지는 정부 차원에서 논의가 필요하다. 해운기업은 화주의 화물을 운송하는 서비스를 제공하는 기업이다. 또한 해운기업이 환경 규제를 충족하기 위해 저탄소 선박에 투자하게 될 경우 국가 차원에서 사회적으로 편익이 개선되는 효과가 나타난다. 이러한 사회적 편익 개선은 정부의 역할로도 볼 수 있을 것이다. 따라서 해운 부문의 환경 규제 충족을 위한 비용에 대한 국가, 해운기업, 화주의 분담 체계에 대한 논의가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

국내 문헌

- 국토해양부(2012), IMO 활동 50년사: 해양 강국을 향한 끝없는 항해, 국토해양부, pp. 1-475.
- 김상만(2019), 국제해운의 온실가스 배출에 대한 국제적 규제에 대한 고찰, 환경법과 정책, p. 23, pp. 141-172.
- 김서연(2022), 기후변화 이행 리스크와 국내 은행권의 재무안정성, 석사학위논문, 연세대학교 경제대학원.
- 김은미(2022), 글로벌 수송 부문의 온실가스 감축 현황과 시사점: 해운 분야를 중심으로, 대외경제정책연구원, pp. 1-31.
- 김진형 외(2019), 선박 배출권거래제 도입 전망 및 시사점, 한국해양환경·에너지학회 학술대회논문집, p. 175.
- 김진형(2021), 국제해운 관련 EU Fit for 55 규제 소개 및 파급영향 분석, Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, 58(2), pp. 21-26.
- 김진형·천강우·이정엽(2014), 국제해운 연료사용량 및 온실가스 배출량 모니터링을 위한 산정등급 접근법 적용에 관한 연구, 한국해양환경·에너지학회 학술대회논문집, p. 88.
- 딜로이트 인사이트 편집국(2021), 2050 탄소중립 로드맵 Chapter 03: 글로벌 탄소가격제도 현황, 딜로이트, pp. 1-27.
- 박선희(2008), 유럽연합과 교토의정서: 교토의정서의 비준과 이행 과정속에서 보여준 유럽연합의 역할과 위상변화 중심으로, 유럽연구 26(3), pp. 217-244.

-
- 박성화·고병욱·이경미(2021), 친환경 선박전환 지원사업 발전방안 연구, 한국해양수산개발원, pp. 1-151.
- 박성화·김태일·권장한(2020), 스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석, 한국해양수산개발원.
- 박성화·김한나·최수호(2022), 위기는 반복된다. 해운기업, 초호황기에 불황을 미리 대비해야, KMI 동향분석, Vol. 183, 한국해양수산개발원.
- 박성화·한철환·김태일(2020), IMO 환경 규제에 따른 저유황 연료유 사용이 국적 컨테이너 선사에게 미치는 영향, 한국항만경제학회지, Vol.36, No.1.
- 박재하·임대웅(2022), 역동적 혁신경제를 위한 녹색금융 추진방안. KIF working paper, 2022(5):1-68.
- 손인성·김동구(2021), EU ETS 4기의 주요 제도 설계가 향후 국내 배출권거래제 운영에 미칠 영향 분석, 자원·환경경제연구, 30(1), pp. 129-167.
- 양향진·장봉규. (2021), 탄소중립 (Net Zero) 이 해운산업에 미치는 영향에 관한 연구, 국제상학, p. 36, pp. 243-266.
- 에너지경제연구원(2021), 세계 에너지시장 인사이트(제21-15호)
- 이상준(2021), EU Fit for 55 패키지와 탄소국경조정제의 주요 내용과 시사점, 세계농업 한국농촌경제연구원, pp. 39-58.
- 이지연(2019), 기업부채 리스크와 은행대출 건전성 - Merton 모델을 중심으로 -
- 이현균(2021), 해운 분야 탄소배출과 관련된 법률문제에 대한 검토, 한국해법학회지, 43(2), 51-95.
- 장영욱·오태현(2021), EU 탄소감축 입법안('Fit for 55')의 주요 내용과 시사점, 세계경제 포커스, 대외경제정책연구원, 4(44), pp. 1-12.
- 장욱·박종원(2009), 신용위험관리, 한국금융연수원.
- 최건우 외(2021), 선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구, 한국해양수산개발원.
- 최영수·장욱(2007), 재무변수와 주가를 결합한 상호저축은행의 부실예측모형, 금융안정연구.
- 추봉성·박홍균(2013), 항만물류산업에서 옵션계약을 이용한 최적 탄소배출권 거래 모델: 선사의 공급관점에서, 해운물류연구, 29(2), 275-288.
-

- 한국거래소(2021.3.), 2020년 배출권시장 운영리포트.
- 한국거래소(2022.4.), 2021년 배출권시장 운영리포트.
- 한국은행(2018), 국제사회의 탄소중립 추진 현황 및 경제적 영향, 국제경제리뷰 2021-9, 해외경제 포커스 제2021-16호 수록.
- 한능호·김민재(2020), 글로벌 해운의 탈탄소화 전략에 관한 연구, 해양비즈니스, (47), 143-164.
- 해양수산부(2022), 2022년 해양환경 정책설명회 자료집.

국외 문헌

- Afik, Arad & Galil(2016), Using Merton model for default prediction: An empirical assessment of selected alternatives. *Journal of Empirical Finance*, 35, 43-67.
- Alizadeh & Nomikos(2009), *Shipping derivatives and risk management*, Springer.
- Avi-Yonah, Reuven & David(2009), Combating global climate change: Why a carbon tax is a better response to global warming than cap and trade, *Stan. Envtl. LJ* 28 (2009): 3.
- Bakkehaug et al.(2014), A stochastic programming formulation for strategic fleet renewal in shipping, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 72, 60-76.
- Bank of England(2021), Key elements of the 2021 Biennial Exploratory Scenario: Financial risks from climate change, 1-49.
- Barnes(2021), *The challenges and prospects for carbon pricing in Europe*, Oxford Institute for Energy Studies.
- Basel Committee on Banking Supervision(2021), Climate-related financial risks – measurement methodologies, BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS.
- Battiston et al.(2017), A climate stress-test of the financial system, *Nature Climate Change*, 7(4), 283-288.

-
- Bharat & Shumway(2008), Forecasting default with the Merton distance to default model. *The Review of Financial Studies*, 21(3), 1339-1369.
- BMWi(2017), *Maritime Agenda 2025*.
- Capasso, Gianfrate & Spinelli(2020), Climate change and credit risk. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121634.
- Christodoulou et al.(2021), Inclusion of shipping in the EU-ETS: Assessing the direct costs for the maritime sector using the MRV data. *Energies*, 14(13), 3915.
- DNV(2021), *Maritime Forecast to 2050, Energy Transition Outlook 2021*
- Duffie, Saita & Wang(2007), Multi-period corporate default prediction with stochastic covariates. *Journal of financial economics*, 83(3), 635-665.
- European Central Bank(2021), *Climate-related risk and financial stability*.
- European Commission(2021), *Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality*.
- Faber et al.(2009), Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport.
- Hammoudeh, Nguyen & Sousa(2014), Energy prices and CO2 emission allowance prices: A quantile regression approach. *Energy policy*, 70, 201-206.
- He, Wang & Wang(2012), Cap-and-trade vs. carbon taxes: A quantitative comparison from a generation expansion planning perspective, *Computers & Industrial Engineering*, 63(3), 708-716.
- Hermeling et al.(2015), Sailing into a dilemma: An economic and legal analysis of an EU trading scheme for maritime emissions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 34-53.
- Hillegeist et al.(2004), Assessing the probability of bankruptcy. *Review of accounting studies*, 9(1), 5-34.
- ICS(2009), *Greenhouse Gas Emissions and Market Based Instruments: MBI Analysis Report*
- IMO(2020), *FOURTH IMO GREENHOUSE GAS STUDY*, International Maritime Organization, London, UK

- ISWG-GHG 10(2021), REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, MEPC 77th session.
- ISWG-GHG 12(2022), Consideration of the report to MEPC 78.
- Kågeson et al.(2008), Market Based Instruments for Abatement of Emissions from Shipping. Federal Environment Agency: Dessau-Roßlau, Germany, 119.
- Kim, Kim, & Lee (2013), Optimising containership speed and fleet size under a carbon tax and an emission trading scheme, *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 5(6), 571-590.
- KMPG(2021), The European Green Deal & Fit for 55
- Langdalen & Johansen(2016), On the extent and origins of the Merton models credit spread puzzle: a study of the credit risk pricing of Norwegian corporate bonds 2003-2014 (Master's thesis).
- Mckinsey(2022), The net-zero transition: What it would cost, what it could bring, Special Report, 1-208.
- Meng & Wang(2010), A chance constrained programming model for short-term liner ship fleet planning problems. *Marit. Pol. Mgmt.*, 37(4), 329-346.
- MEPC 75(2020), REPORT OF THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE ON ITS SEVENTY-FIFTH SESSION.
- MEPC 76(2021), REPORT OF THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE ON ITS SEVENTY-SIXTH SESSION.
- MEPC 78 ANEEX 13(2022), 2022 GUIDELINES ON SURVEY AND CERTIFICATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY EXISTING SHIP INDEX (EEXI).
- MEPC 78 ANEEX 8(2022), RESOLUTION MEPC.346(78) – 2022 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP).
- MEPC 78(2022), REPORT OF THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE ON ITS SEVENTY-EIGHTH SESSION.
- Merton(1974), On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates, *The Journal of finance*, 29(2), 449-470.

-
- Miola, Marra & Ciuffo(2011), Designing a climate change policy for the international maritime transport sector: Market-based measures and technological options for global and regional policy actions, *Energy Policy*, 39(9), 5490-5498.
- Naim & Condamin(2021), MODELING CORPORATE CREDIT CLIMATE RISK, American Bankers Association. *ABA Banking Journal*, 113(4), 26-29.
- NGFS(2020), Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors.
- NGFS(2020), NGFS climate scenarios for central banks and supervisors.
- NGFS(2021), Climate Scenarios Database Technical Documentation V2.2.
- ÖZARI(2017), A Merton Model Approach to Assessing the Default Risk: An Application on Selected Companies from BIST100. *Journal of Economics and Finance*, 8(6), 54-61.
- Parry et al.(2018), Carbon taxation for international maritime fuels: Assessing the options, International Monetary Fund.
- Ramseur & Parker(2009, March), Carbon tax and greenhouse gas control: Options and considerations for congress, Congressional Research Service, Library of Congress.
- Reinders, Schoenmaker & Van Dijk(2020), A finance approach to climate stress testing, Available at SSRN 3573107.
- Schlacke et al.(2022), Implementing the EU Climate Law via the 'Fit for 55' package. *Oxford Open Energy*, 1(1), oiab002.
- Shi(2016), Reducing greenhouse gas emissions from international shipping: Is it time to consider market-based measures?, *Marine Policy*, 64, 123-134.
- Strand(2013), Strategic climate policy with offsets and incomplete abatement: Carbon taxes versus cap-and-trade, *Journal of Environmental Economics and Management*, 66(2), 202-218.
- United Nations(1998), KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.
- United Nations(2015), Paris Agreement.
- Wang, Fu & Luo(2015). Modeling the impacts of alternative emission trading

schemes on international shipping. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77, 35-49.

World Bank(2017), CARBON TAX GUIDE: A Handbook for Policy Makers, Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

World Bank(2021), EMISSIONS TRADING IN PRACTICE: A HANDBOOK ON DESIGN AND IMPLEMENTATION Second Edition, Washington, DC.

Yu(2010), Stochastic ship fleet routing with inventory limits.

Zhu, Chen & Kristal(2018), Modelling the impacts of uncertain carbon tax policy on maritime fleet mix strategy and carbon mitigation, Transport, 33(3), 707-717.

정기간행물

장영욱 외(2021), 유럽 그린딜이 한국 그린뉴딜에 주는 정책 시사점, 오늘의 세계경제, 24(20), 대외경제정책연구원, pp. 1-19.

인터넷 자료

외교부, 기후변화협상, https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_20150/contents.do (검색일: 2022.5.12.)

한국리스크관리 홈페이지, http://www.krmg.co.kr/data_sv/data_service_edf.php (검색일: 2022.6.8.)

한국예탁결제원 홈페이지, KOFR 소개, <https://www.kofr.kr/intro/RFRinfo.jsp>(검색일: 2022.8.6.)

한국은행 홈페이지, KOFR 개요, <https://www.bok.or.kr/portal/main/contents.do?menuNo=201069>(검색일: 2022.8.6.),

한국환경연구원 국가기후위기적응센터, 유엔기후변화협약 및 ADP 출범, <https://>

kaccc.kei.re.kr/portal/detailAdapt/adapt_inter/adapt_inter_view.do?num=4(검색일: 2022.5.10.)

해양수산부(2020.12.4.), 제75차 해양환경보호위원회, file:///C:/Users/PSH/Downloads/mepc%2075%20%EC%84%A4%EB%AA%85%ED%9A%8C%EC%9E%90%EB%A3%8C.pdf, 해양환경정책설명회, 해양수산부.

행정안전부 국가기록원, 기후변화협약, <https://www.archives.go.kr/next/search/listSubjectDescription.do?id=006541&sitePage=1-2-1>(검색일: 2022.5.10.)

환경부 홈페이지, 기후변화에 관한 국제연합기본협약, <http://www.me.go.kr/home/file/readHtml.do?fileId=844&fileSeq=2>(검색일: 2022. 5.10)

Clarksons Research, <https://www.clarksons.net/wfr/fleet>(검색일: 2022.5.30.)

IMO, Market-Based Measures, [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Market-Based-Measures.aspx#:~:text=MBMs%20place%20a%20price%20on,in%2Dsector%20reductions\)%3B%20and](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Market-Based-Measures.aspx#:~:text=MBMs%20place%20a%20price%20on,in%2Dsector%20reductions)%3B%20and)(검색일: 2022.8.5.)

IMO, Member States, IGOs and NGOs, <https://www.imo.org/en/About/Membership/Pages/Default.aspx>(검색일: 2022.5.19.)

KPMG, The European Green Deal & Fit for 55, <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2021/11/the-european-green-deal-and-fit-for-55.html>(검색일: 2022.7.15.)

NGFS, Origin and Purpose, <https://www.ngfs.net/en/about-us/governance/origin-and-purpose>(검색일: 2022.8.10.)

보도자료

뉴스워치(2022.4.14.), 10년 치킨게임 끝...이제는 '탄소중립' 경쟁, <https://www.newswatch.kr/news/articleView.html?idxno=58854>(검색일: 2022.7.27.)

외교부(2017.5.29.), https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_20152/view.do?seq=365390&page=2(검색일: 2022.5.10.)

조선비즈(2021.12.19.), HMM, 국내 첫 친환경 대체 연료 '바이오중유' 선박 실증 성공,

- <https://biz.chosun.com/industry/company/2021/12/19/ZS6Z3TARGRDKZOXVHNAXKVQNTU/>(검색일: 2022.7.27.)
- 투데이에너지(2021.12.1.), 바이오에너지協, 바이오 선박유 해상실증 추진, <http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=242858>(검색일: 2022.7.27.)
- 해양한국(2021.12.30.), IMO의 2050년 탄소중립·탄소제로목표 해운업계의 대응 시급, <http://m.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=33095>(검색일: 2022.4.19.)
- Acatech(2020.11.13.), HySupply – German-Australian Feasibility Study of Hydrogen produced from Renewables, <https://en.acatech.de/project/hysupply-german-australian-feasibility-study-of-hydrogen-produced-from-renewables>(검색일: 2022.7.25.)
- BAHR(2021.7.15.), Shipping | The European Green Deal – “Fit for 55 Package”: Maritime Sector, <https://bahr.no/newsletter/shipping-the-european-green-deal-fit-for-55-package-maritime-sector>(검색일: 2022.5.12.)
- ClassNK(2021.11.29.), IMO MEPC 77차 심의 속보, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/info_service/imo_and_iacs/mepc77_sumK.pdf(검색일: 2022.5.10.)
- Deloitte(2021.12.10.), Embedding climate risk into banks’ credit risk management, <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/industry/financial-services/climate-change-credit-risk-management.html>(검색일: 2022.10.4.)
- Financial Times(2022.5.3.), Shipping heavyweight Japan tables carbon tax proposal for the industry, <https://www.ft.com/content/ae5893a1-4a7e-4152-8fb2-65679ebc73c4>(검색일: 2022.7.26.)
- Glowacki Law Firm(2015.7.25.), European Union Allowance (EUA), <https://emissions-euets.com/carbon-market-glossary/871-eua>(검색일: 2022.9.15.)
- hellenic shipping news(2021.9.6.), International Chamber of Shipping sets out plans for global carbon levy to expedite industry decarbonisation, <https://www.ics-shipping.org/press-release/international-chamber-of-shipping-sets-out-plans-for-global-carbon-levy/>(검색일: 2022.8.5.)

hellenic shipping news(2022.7.4.), Maersk Tankers helps shipowners keep track of emissions, <https://www.hellenicshippingnews.com/maersk-tankers-helps-shipowners-keep-track-of-emissions/>(검색일: 2022.7.26.)

International Chamber of Shipping(2021.9.6.), International Chamber of Shipping sets out plans for global carbon levy to expedite industry decarbonisation, <https://www.ics-shipping.org/press-release/international-chamber-of-shipping-sets-out-plans-for-global-carbon-levy/>(검색일: 2022.4.19.)

KOTRA(2022.7.18.), 유럽 기후대응 정책 패키지 FIT FOR 55, 어디까지 왔을까?, https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=90&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=244&bbsSn=244&pNttSn=195572(검색일: 2022.7.25.)

Logistics update africa(2020.7.23.), Maersk is among 9 companies to introduce Transform to Net Zero, <https://www.logupdateafrica.com/maersk-is-among-9-companies-to-introduce-transform-to-net-zero-shipping?infinitescroll=1>(검색일: 2022.7.27.)

Maersk(2022.7.12.), EU Emissions Trading System (ETS) – latest developments, <https://www.maersk.com/news/articles/2022/07/12/eu-ets-latest-developments> (검색일: 2022.9.15.)

Maritimegateway(2021.6.6.), MSC Says Carbon Tax Can Decarbonize Shipping, <https://www.maritimegateway.com/msc-says-carbon-tax-can-decarbonize-shipping/>(검색일: 2022.8.8.)

MSC(2021.8.7.), MSC Position on Emissions from Shipping in the EU, <https://www.msc.com/pt/newsroom/news/2021/july/msc-position-on-emissions-from-shipping-in-the-eu>(검색일: 2022.8.8.)

Offshore Energy(2022.5.11.), Accelerating to net zero, CMA CGM joins Jupiter 1000 project, <https://www.offshore-energy.biz/accelerating-to-net-zero-cma-cgm-joins-jupiter-1000-project/>(검색일: 2022.7.27.)

Offshore Energy(2022.6.28.), CMA CGM, Shell join forces for LNG supply, maritime decarbonisation, <https://www.offshore-energy.biz/cma-cgm-shell-join-forces-for-lng-supply-maritime-decarbonisation/>(검색일: 2022.7.27.)

- Ship & Bunker(2021.6.3.), Maersk Proposes \$450/MT Carbon Tax for Bunker Fuel, <https://shipandbunker.com/news/world/633414-maersk-proposes-450mt-carbon-tax-for-bunker-fuel>(검색일: 2022.8.8.)
- Ship & Bunker(2021.6.4.), MSC Backs Decarbonisation Research Bunker Levy and Carbon Taxes, <https://shipandbunker.com/news/world/338190-msc-backs-decarbonisation-research-bunker-levy-and-carbon-taxes>(검색일: 2022.8.8.)
- The guru(2021.1.30.), 머스크, 3년 내 ‘암모니아 추진’ 소형 컨선 운항, <https://www.theguru.co.kr/news/article.html?no=18343>(검색일: 2022.7.26.)
- The guru(2022.6.28.), HMM, LNG 추진 컨테이너선 첫 용선…IMO 환경 규제 선제 대응, <https://www.theguru.co.kr/news/article.html?no=37662>(검색일: 2022.7.27.)

부 록

선행연구와 본 연구의 차별성

〈표 1〉 선행연구와 본 연구의 차별성

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
주 요 선행 연구	1 • 과제명: Strategic climate policy with offsets and incomplete abatement: carbon taxes versus cap-and-trade • 연구자(연도): Strand (2013) • 연구목적: 탄소세와 cap-and-trade를 비교하여 적합한 기후 정책을 제시	• 동적모형	• 탄소세와 배출총량거래 (cap-and trade)를 세금 과 상한선의 차이를 중심으로 비교 • 화석연료 수입국가의 최적 탄소가격은 기후 관련 동기와 정책블록이 세금 이나 상한선으로 수출업 체의 연료 가격에 영향을 미치는 전략적 동기에 의해 영향을 받음
	2 • 과제명: Energy prices and CO2 emission allowance prices: a quantile regression approach • 연구자(연도): Hammoudeh et al. (2014) • 연구목적: 원유, 천연가스, 석탄 가격 및 전략 가	• 정량회기분석	• 원유, 천연가스 등 각각의 에너지 가격은 탄소가격에 다른 영향을 미치며 탄소가격은 분위수 (quantile)의 높고 낮음에 따라 달라진다고 제시

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	격의 변화가 CO2배출에 미치는 영향을 분석		
3	• 과제명: Combating global climate change: why a carbon tax is a better response to global warming than cap and trade • 연구자(연도): Avi-Yonah and Uhlmann(2009) • 연구목적: 기후 변화 대응책으로써 배출총량거래(cap-and-trade)보다 탄소세가 더 적합하다는 것을 분석	• 정책비교	• 일단 세금이 부과되면 세금 인상에 대한 반대에도 불구하고 일반적으로 세율을 인상하는 것이 그리 어렵지 않고 실질적 효과가 있는 탄소세 도입을 주장
4	• 과제명: Carbon Tax and Greenhouse Gas Control: Options and Considerations for Congress • 연구자(연도): Ramseur and Parker(2010) • 연구목적: 온실가스 배출 규제 메커니즘으로 탄소세를 도입하기 위한 정책적 측면을 연구	• MIT model	• 탄소세 관련 이슈, 적용방안, 세금기준 설정, 세수 분배 등을 분석 • 탄소세의 단점 중 하나는 불확실한 배출량을 산출하는 것이므로 입법 시 이러한 한계점을 극복해야 한다고 제시
5	• 과제명: Optimising containership speed and fleet size under a carbon tax and an emission trading scheme • 연구자(연도): Kim et al. (2013) • 연구목적: 탄소세, ETS 등 환경 규제조치에 따른	• 비선형프로그램(non-linear programme)	• 탄소세 배출 절감을 촉진할 수 있는 시장기반조치와 관련한 사례연구를 통해 탄소세가 선대규모 및 속도에 따라 달라지는 탄소배출권보다 더 효율적인 탄소중립 방안임을 분석

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	선박 속도, 선대규모, 용선 규모 등을 결정하여 비용을 최소화할 수 있는 방안 제시		
6	• 과제명: Cap-and-trade vs. carbon taxes: a quantitative comparison from a generation expansion planning perspective • 연구자(연도): He et al. (2012) • 연구목적: 탄소세와 ETS 비교하여 차이점, 유사점, 장단점을 분석	• 세대확장계획모델 (Generation Expansion Planning, GEP) Model • 사례분석	• 탄소세와 ETS는 서로 다른 기준에 따라 상대적인 장단점이 있으므로 두 방법 모두 상황에 따라 도입 가능
7	• 과제명: Greenhouse Gas Emissions and Market Based Instruments: MBI Analysis Report • 연구자(연도): ICS (2009) • 연구목적: IMO 시장기반 조치 특징 및 효과 분석	• 통계분석 • 자체개발모형	• 국제해운회의소(ICS)는 채택된 시장기반조치수단이 배출권 거래 개념이든 조세제도이든 상관없이 해상운송이 탄소배출권의 장기적 구매자가 될 것으로 분석
8	• 과제명: A stochastic programming formulation for strategic fleet renewal in shipping, • 연구자(연도): Bakkehaug et al. (2014) • 연구목적: 탄소세가 선대 혼합전략 및 탄소 완화에 미치는 영향을 분석	• SP모델	• 단일화된 결정 단계와 탄소세 시나리오를 위해 비예측성 제약을 도입하고 구현 시간 및 규모 측면에서 탄소세 및 가격 불확실성을 연구 • 선대혼합구성을 결정할 때 불확실한 탄소세 요인에 대응할 수 있는 실용적인 모델을 개발
9	• 과제명: Carbon	• 시나리오분석	• 대체 완화 수단에 대한 세

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	- taxation for international maritime fuels: Assessing the options - 연구자(연도): Parry, Ian, et al.(2018) - 연구목적: 국제 해상 운송을 위한 GHG 완화 정책의 핵심 요소로서 탄소세 도입 가능성에 대해 추정하고 분석	민감도분석	금의 경우, 실용적인 설계 문제에 대한 옵션을 논의한 다음 해양 부문의 분석 모델에서 탄소세 및 기타 조치의 영향에 대한 추정치를 제시
10	- 과제명: Modelling the impacts of uncertain carbon tax policy on maritime fleet mix strategy and carbon mitigation - 연구자(연도): Mo ZHU, Michael CHEN, and Murat KRISTAL(2018) - 연구목적: 탄소세 도입이 정기선 선사들의 용선 및 운영에 미치는 영향에 대해 분석	- SP(Stochastic Programming)모델 - PI(Perfect Information)모델	- 탄소세 리스크 정도별 시나리오를 개발하여 탄소세 부과 수준에 따른 정기선 선사에게 최적의 대응방안을 제시 - 분석을 통해 정기선은 탄소세 리스크가 높을수록 더 많은 선박을 용선하는 것으로 나타났으며, 탄소세 도입이 탄소 중립에 효과가 있으나 선사에게 큰 비용 부담을 안겨주므로 적절한 수준의 탄소세를 설정해야한다고 평가
11	- 과제명: Climate change and credit risk - 연구자(연도): Capasso et al.(2020) - 연구목적: 기후변화에 대한 노출과 기업 신용 위험 간의 관계 조사	패널회귀분석	- 패널회귀분석을 사용하여 부도거리와 이산화탄소 배출량 수준 및 탄소 집약도 사이에 관계 분석 - 기후위험 노출과 신용도 사이의 인과관계를 조사하기 위해 2015년 파리 협정이 외생적 정책 충격으로 미치는 영향 조사
12	- 과제명: IMO 환경 규제에 따른 저유황 연료유 사용이 국제선사에 미치는 영향 - 연구자(연도): 박성화·	- 선사조사 - 통계분석 - 시나리오 분석	- IMO 황산화물 배출규제 관련 글로벌 선사의 대응 방안을 리뷰 - 저유황유 사용에 따른 우리나라 선사들의 원가부

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	한철환·김태일(2020) 연구목적: IMO 황산화물 배출규제 우리나라 선사에 미치는 영향을 분석		담을 예측함으로써 글로벌 환경 규제가 해운시장에 미치는 영향을 분석
13	- 과제명: 글로벌 해운의 탈탄소화 전략에 관한 연구 - 연구자(연도): 한능호·김민재(2020) - 연구목적: 글로벌 해운산업의 탈탄소화 동향을 살펴보고 한국의 해운 관련 정부, 유관기관, 선사 등에 시사점 제시	- 문헌조사 - 사례조사	- IMO가 제시한 온실가스 감축 전략 및 이를 달성하기 위한 새로운 기술, 대체연료의 도입, 각 해운선사의 탈탄소화 전략 등을 리뷰 - 글로벌 선사의 대응 사례를 살펴보고 시사점 제시
14	- 과제명: 선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구 - 연구자(연도): 최건우 외(2021) - 연구목적: 컨테이너 해운 산업에서 선박 연료 소모에 대한 기술진보 추이를 계량적으로 분석하여 IMO 탄소배출 저감 목표 달성 여부를 검증	계량분석	- 친환경 연료, 저속 운항, 선박 대형화를 고려한 탄소 배출량을 계산하여 탄소배출 규제를 만족시킬 수 있는 다양한 시나리오를 설계하여 검증 - 탄소배출량 추정 모델의 단순화, 전망 프로세스의 간편화를 통해 상시적으로 분석할 수 있는 모형을 개발
15	- 과제명: 기업부채 리스크와 은행대출 건정성 - Merton 모델을 중심으로 - - 연구자(연도): 이지연(2019) - 연구목적: 최근 기업부채 리스크의 변화와 영향을 미시적으로 분석	Merton 모형	- 부도확률을 측정하기 위해 부도거리와 부도확률 뿐 아니라 예상손실률(Expected loss)까지 측정하여 분석 수행 - 기업부채 리스크를 재무적 측면뿐 아니라 비재무적 측면을 고려해 종합적으로 평가하며 이를 은행 포트폴리오 구성과 연계
16	- 과제명: 기후변화 이행 리스크와 국내 은행권의 재무안정성 - 연구자(연도): 김서연	- Merton 모형 - 시나리오분석	온실가스 감축계획에 따라 배출량에 비례한 탄소세가 부과되며 기업의 영업이익 하락폭을 산출

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	(2022) • 연구목적: 기후변화가 국내 은행의 재무안정성 지표에 미치는 영향을 중심으로 이행리스크의 크기 측정		• 영업이익의 저하분을 기준으로 기업의 시가총액 하락폭을 산출하고 Merton 모형에 적용하여 탄소세 부과 시나리오에 따른 업종별 부도율 상승폭을 도출
17	• 과제명: Reducing Greenhouse Gas Emissions from International Shipping: Is It Time to Consider Market-Based Measures? • 연구자(연도): Shi (2016) • 연구목적: 시장기반조치(MBM)의 해운산업 도입 필요성 및 선호되는 시장기반조치 방안을 제시	• 문헌조사 • 사례분석	• 시장기반조치를 해운산업에 도입하는 것은 IMO와 UNFCCC가 추구하는 지속가능성 가치에 부합하며 ETS 수익금을 개발도상국에 전달함으로써 탄소중립에 앞장설 수 있음을 제시
18	• 과제명: Market Based Instruments for Abatement of Emissions from Shipping • 연구자(연도): Kågeson et al.(2008), • 연구목적: 시장기반조치 도입이 발트해 SOx, NOx 배출량 감소에 어느 정도 효과가 있는지 분석하여 제시	• 편익비용분석	• 발트해 SOx, NOx 배출량을 분석하여 시장기반조치 시행의 효과를 분석 • EU-ETS를 해운산업에 적용하기 위해서는 해운산업의 특성을 고려하여 지리적 범위와 배출허용량 할당 방법을 정해야 한다고 제시
19	• 과제명: Sailing into a Dilemma: An Economic and Legal Analysis of an EU Trading Scheme for Maritime Emissions • 연구자(연도):	• 일반균형모형(CGE)	• 해운 ETS의 영향을 EU 지역별로 분석하여 ETS 해운산업 적용 시 GHG 절감을 위한 EU-ETS 지리적 범위의 중요성을 연구

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	Hermeling et al.(2015) • 연구목적: 해운ETS의 영향을 EU 지역별로 분석		
20	- 과제명: Technical Support for European Action to Reducing Greenhouse Gas Emissions from International Maritime Transport - 연구자(연도): Faber et al.(2009) - 연구목적: EU역내외 GHG배출을 분석하여 EU 차원에서 해운산업에 ETS 도입이 환경친화적이고 비용효과적인 방안을 제시	민감도분석	ETS 효율성을 높이기 위해서는 EU역내외 모든 배출을 ETS 범위에 포함 시켜야 하며 특히 심해 부문(컨테이너, 유조선, 벌크선 등)에서 지리적 범위가 중요한 매개변수로 작용한다고 분석
21	- 과제명: Modeling the Impacts of Alternative Emission Trading Schemes on International Shipping - 연구자(연도): Wang et al.(2015) - 연구목적: 해운산업에 ETS 도입 시 해운산업의 특성상 산업 부문별로 미치는 차등영향을 분석	- 수요함수추정 - 자체개발모형	배출허용량의 자유할당에 대한 균일한 기준이 도입되는 경우 에너지 효율이 낮은 부문(RoRo, RoPax)은 선호되는 벌크 운송과 대조적으로 불이익을 받게 되기 때문에, 각 부문에 대해 차별화된 ETS 벤치마크 설정의 필요성 제시
22	- 과제명: Inclusion of Shipping in the EU-ETS: Assessing the Direct Costs for the Maritime Sector Using the MRV Data - 연구자(연도): Christodoulou et al.(2021)	민감도 분석	- 다양한 가격 인센티브, 지리적 범위, 온실가스 배출 허용량 할당 방법 등 변수를 포함하는 시나리오 기반의 경제적 영향 평가 모델을 사용하여 유럽경제지역(EEA)내 온실가스 배출량을 분석 - 특히 선종별 근본적인 기술 및 운영상의 차이점을

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	연구목적: MRV(Monitoring, Reporting, Verification) 데이터를 활용해 EU-ETS가 해운 산업에 미치는 직접적인 경제적 영향을 분석		고려하여 EU-ETS를 해운산업의 도입했을 경우 미치는 영향을 선종별로 분석
23	- 과제명: The Challenges and Prospects for Carbon Pricing in Europe - 연구자(연도): Barnes (2021) - 연구목적: 탄소 가격 책정과 관한 사례조사를 통한 문제점을 분석하고 탄소 가격이 미래 가스 수요에 미칠 영향을 분석	- 문헌조사 - 사례조사	EU 및 EU외 국가의 탄소 국경세, 탄소세, ETS를 중심으로 탄소 가격 책정 현황 리뷰
24	- 과제명: 항만물류산업에서 옵션계약을 이용한 최적 탄소배출권 거래모델: 선사의 공급관점에서 - 연구자(연도): 추봉성·박홍균(2013) - 연구목적: 의무화된 온실가스 배출규제에 유연하게 대처할 수 있는 탄소배출권 거래제도에 주목하고, 이를 다양한 온실가스 수급변동시나리오와 옵션을 이용하여 모형 제시	옵션계약모형	- 배출량거래제도(ETS)를 선사와 탄소시장을 중심의 옵션계약형태(콜옵션, 풋옵션)로 모형화 - 탄소배출권 거래를 위한 옵션계약모형을 설정한 후 선사의 공급관점에서 기대수익을 최대화할 수 있는 최적해로서 옵션가격과 옵션량을 제시하였으며, 수치실험을 통해 수요별 최적 옵션형태와 조건을 검증
25	- 과제명: 국제해운 연료사용량 및 온실가스 배출량 모니터링을 위한 산정등급 접근법 적용에 관한 연구 - 연구자(연도): 김진형·천강우·이정엽(2014) - 연구목적: 선박 에너지효율 개선을 위한 국제해운	사례조사	- 선박 에너지효율 개선을 위한 추가적인 기술적·운항적 조치와 관련하여 선박 에너지효율과 관련된 데이터의 수집 시스템 개발을 논의 - 육상분야의 선행사례 조사를 통하여 국제해운 연

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	연료사용량 모니터링을 위한 산정등급 접근법의 적용 방안을 도출		료사용량 모니터링을 위한 산정등급 접근법의 적용 방안을 도출
26	• 과제명: 국제해운의 온실가스 배출에 대한 국제적 규제에 대한 고찰 • 연구자(연도): 김상만 (2019) • 연구목적: 해운 부문의 온실가스 배출 규제에 대한 이해를 제고시키고 우리 나라해운산업 및 유관기관의 국제적 규제 대응방안 제시	• 사례조사	• 국제해운 부문에서의 온실가스 배출 규제에 영향력이 큰 국제기구인 국제연합(UN), 국제해사기구(IMO), 유럽연합(EU)의 규제 동향 연구
27	• 과제명: 탄소중립(Net Zero)이 해운산업에 미치는 영향에 관한 연구 • 연구자(연도): 양향진·장봉규(2021) • 연구목적: 정부의 탄소중립(Net Zero) 선언이 국제선사들의 해상운송 수요에 미치는 영향을 분석	• 문헌조사	• 탄소중립 선언에 따라 전력산업의 석탄화력발전소의 단계적 폐쇄와 철강산업의 생산공정 변화가 원재료인 유연탄의 해상운송 수요에 미치는 영향을 분석 • 전기차/수소차로의 전환에 따른 정유산업의 석유 및 석유제품의 수출입 구조의 변화가 해상운송 수요에 미치는 영향 도출
28	• 과제명: 해운 분야 탄소배출과 관련된 법문제에 대한 검토 • 연구자(연도): 이현균 (2021) • 연구목적: 탄소배출과 관련된 우리나라의 법·제도적 특징을 살펴보고 관련하여 발생할 수 있는 법률 문제 검토	• 문헌조사	• 탄소배출과 관련된 국제사회의 논의와 우리나라 법·제도적 대응 리뷰 • 우리나라 해운기업의 실무상 대응방안을 중심으로 용선계약, 보험계약, 운송계약 등 탄소배출과 관련한 법률 문제를 연구
	• 과제명: 국제해운 관련 EU Fit for 55 규제 소개 및 파급영향 분석 • 연구자(연도): 김진형	• 문헌조사 • 사례조사	• EU에서 발표한 'Fit for 55' 패키지 중 국제해운에 적용되는 EU-ETS 및 FuelEU Maritime에 대

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
29	(2021) • 연구목적: EU의 새로운 규제 중 국제해운에 적용되는 내용을 살펴보고 시사점 제시		한 개요 및 파급영향 분석
	• 과제명: 선박 배출권거래제 도입 전망 및 시사점 • 연구자(연도): 김진형·천강우·이원주·최재혁 (2019) • 연구목적: 국제해운 배출권거래제에 대한 대응역량을 제고하고 예상 파급영향에 대한 대응책 제시	• 문헌조사	• 육상분야에서 시행되고 있는 배출권거래제 사례 조사를 통하여 선박 배출권거래제 도입에 대한 전망 및 파급영향 등 검토
	• 과제명: EU ETS 4기의 주요 제도 설계가 향후 국내 배출권거래제 운영에 미칠 영향 분석 • 연구자(연도): 손인성·김동구(2021) • 연구목적: EU ETS 1-4기의 주요 설계와 주요 설계 변경이 향후 국내 배출권거래제의 설계 및 운영에 미칠 영향을 각각 분석	• 문헌조사	• EU ETS 4기의 주요 제도 설계를 배출허용총량(Cap), 배출권 무상할당 방식, 유·무상할당업종 선정 방식, 시장안정화 조치, 감축지원제도 등을 중심으로 분석
본 연구	• 과제명: IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향 • 연구자(연도): 김한나 외 (2022) • 연구목적: 시장기반조치를 도입에 따른 국내 해운기업의 비용부담액을 추정하고 Merton 모형을 적용하여 재무 건전성 변화를 분석	• 국내외 사례분석 • 문헌조사 • 통계분석 • 시나리오분석	• 해운 부문 국제 환경 규제 논의 동향과 전망을 파악하고 주요국 및 해외 주요 선사의 대응동향 조사 • 우리나라 해운기업의 연료 소모량과 탄소배출량을 추정 • 시장기반조치 도입이 우리나라 해운기업 재무건전성에 미치는 영향을 분석

자료: 저자 작성

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2022년

01	선박투자 가치평가 및 위험관리 모형 연구	박성화
02	항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구	서정용
03	연안재해 대응을 위한 그린인프라 구축방안 연구	정지호
04	탄소중립이 해양수산업에 미치는 경제적 영향분석 연구	권장한
05	수산물 안전성 관리체계 개선방안 연구	조현주
06	준해양사고 통보제도 개선방안 연구	박상원
07	MZ세대 소비트렌드를 반영한 해양관광 추진방안 연구	최일선
08	연근해 어종별 어획쿼터제도 도입방안 연구	심성현
09	행위자기반 해양공간계획 시뮬레이션 개발 연구	조성진
10	항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구	안승현
11	탄소중립 시대 양식산업 대응전략 연구 - 육상 어류양식을 중심으로 -	마창모
12	수산물식품산업의 탄소중립 대응방안 연구 - 가공업을 중심으로 -	김지연
13	해양환경보전정책 도입방안 연구	박수진
14	포스트 코로나 시대의 컨테이너 해운산업 대응방안 연구 - 디지털 플랫폼을 중심으로 -	최건우
15	항만분야 공공갈등 관리방안 연구	김세원
16	글로벌 가치사슬 변화와 국제물류 분야 대응방안 연구 - 전기자동차 산업을 중심으로 -	권보배
17	항만개발제도 개선방안 연구	이수영
18	클러스터 혁신을 통한 선박관리업 발전방안 연구	허성례
19	수입수산물 예방적 관리체계 도입방안 연구 - IUU 수산물을 중심으로 -	안지은
20	양식수산물 유통 빅데이터 구축방안 연구	이기영
21	글로벌 혁신성장을 위한 신남방·신북방 정책 연구 - 신남방 지역 ICT산업 가치사슬 변화에 따른 물류 공급사슬 대응방안	최나영환

2021년

01	시민참여형 해안돌봄 정책 도입방안 연구	정치호
02	해양 플라스틱 쓰레기가 선박 운항에 미치는 영향분석 연구	김보람
03	여성어업인 노동정책 방향 연구	홍혜수
04	순환경제 시스템을 활용한 어업폐기물의 자원화 방안 연구	고동훈
05	1conomy 시대, HMR 시장 확대에 따른 수산부문 대응전략 수립 연구	마창모
06	AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구	황선일
07	항만 에너지 관리시스템 도입을 위한 로드맵 구축 연구 - 부산항 신항 전기에너지 소비를 중심으로 -	김근섭
08	해양분야 리빙랩 활성화 방안 연구	좌미라
09	빅데이터의 연계·활용을 통한 선박의 배출량 산정체계 고도화 방안 연구	안용성
10	해양공간계획 집행체계 고도화 방안 연구	최희정
11	수산식품산업 푸드테크 환경분석 및 적용전략 연구	이상건
12	AIS데이터기반 해상물동량 추정 연구	황수진
13	항만부문 정책의사결정 지원 빅데이터 플랫폼 구축 방안 연구	이기열
14	항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구	서정용
15	해양수산 분야 국제산업연관표 구축기반 연구	정수빈
16	해양수산 과학기술 정책평가모형 연구 - 해양수산 R&D를 중심으로 -	전형모
17	글로벌 경제위기와 해운산업 대응체계 연구	박성화
18	항만산업 경기진단체계 구축 연구 - 경기동행지수 개발을 중심으로 -	김성아
19	전국 무역항 부두 분류 체계 개선방안 연구	이수영
20	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의 육성 및 지원을 위한 법제화 연구(5차년도) -	박한선
21	수소에너지 거점 구축을 위한 항만의 대응방안 연구	신수용

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2022년

01	항만의 탄소중립 이행·관리 표준안 연구	안용성
02	매립지 소유권 분리 제도화의 이해관계 분석과 관리방안	윤성순
03	글로벌 공급망 리스크별 영향분석 및 대응방안 연구 - 에너지·곡물을 중심으로	조지성
04	대북제재 강화와 코로나 팬데믹 이후 북한 해양수산 이슈와 대응 방안	윤인주
05	남극환경보호의정서 제6부속서의 국내 이행을 위한 법제 정비방안 연구	박예나
06	해양바이오산업 활성화를 위한 해양수산생명자원 법령 정비 방안 연구	좌미라
07	우리나라 수산종자 관리체계 개선방안 연구	조현주
08	2050 신해양강국 미래비전 수립 연구	김민수

Ⅰ 2021년

01	해양환경산업 육성 방안 연구	한기원
02	선원의 인권 및 근로여건 향상을 위한 선원근로감독관 제도 개선 방안 연구	허성례
03	포스트 코로나 시대를 대비하는 지역 해양축제 활성화 연구	최일선
04	회복탄력성 개념을 적용한 항만 위기관리 시스템 구축 연구	김성기
05	중대재해처벌법 시행에 따른 항만에서의 대응방안 연구	최상균
06	크루즈산업 COVID-19 방역체계 구축방안 연구	황진희
07	한국형 선주사의 최적 운영방안 연구	고병욱
08	어촌형 생활서비스 전달체계 개선 연구	이호림
09	원양산업의 ESG 도입 기초 연구	윤미경
10	수상레저활동 관리체계 개선방안 연구	홍장원
11	연안지역 자연성 회복을 위한 정책 방향_간척지·담수호 중심으로	정지호
12	스마트항만 구축에 따른 탄소저감 효과 연구 - 동력전환을 중심으로 -	김가현

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2022년

01	건화물선 시장 비용분석을 통한 해운시장 위험관리지표체계 구축	류희영
02	해상운임 예측모형 고도화 연구(Ⅰ)	황수진
03	IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향	김한나
04	연안지역발전지수(CoDI) 개발 연구	황재희
05	CGE 기반 국제통상환경 변화의 해양수산부문 파급효과 분석	임병호
06	글로벌 수산부문 이미징 이슈 분석 모델 개발 연구	한기욱
07	양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -	김철현
08	Network DEA를 이용한 물류기업 경쟁력 비교 분석 연구	황선일
09	해양수산 사업체 성과 및 효율성 분석 연구	김주현
10	베이지안 방법을 이용한 양식 명계 단수 추정방안 연구	천성훈
11	수입수산물과 국산 간의 대체관계 분석 연구 - 활·신선냉장품을 중심으로 -	박혜진
12	국내 컨테이너 해운기업의 디지털 전환 활성화 방안 연구	전서연
13	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅰ) - 자동차, 석탄, 고철, 시멘트를 중심으로 -	최석우
14	동중국해 해양경계획정 방안 기초 연구	박영길
15	해양수산 분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구(Ⅱ)	김찬호
16	항만개발사업의 정책효과 적용방안 연구	이종필
17	국가 해양전략 기본구상 연구	정현욱
18	선박대기시간 예측모형 개발을 위한 방법론 연구	조아현
19	안전항만 구축을 위한 비용 산정 및 지원체계 마련을 위한 연구	최상균

Ⅰ 2021년

01	해양수산 정책영향평가를 위한 기초 연구	김주현
02	해양교육의 사회·경제적 가치 평가 연구	이슬기
03	해양수산업 경기진단체계 기초연구 - 해운업을 중심으로 -	권장한
04	선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구	최건우
05	서포트벡터머신(SVM) 기법을 활용한 해운시황 예측 연구	김병주
06	크루즈 여객 수요 전망 모형 구축 연구	안승현
07	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)	서정용
08	수출용 전복의 유통경로 분석 연구	이정필
09	인공지능기반 해상운임 예측 연구(3차년도)	황수진
10	인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단수 전망에 관한 연구 - 김 양식을 중심으로 -	천성훈
11	해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구	박광서

일반연구 2022-03

IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향

인쇄 2022년 12월 29일

발행 2022년 12월 31일

발행인 김 종 덕

발행처 한국해양수산개발원

주소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 크리커뮤니케이션 (02-2273-1775)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 6,000원