

IMO 온실가스 감축 정책에 따른 해운산업의 ESG 경영 전략에 관한 동향 분석: LDA 토픽모델링 분석을 중심으로

손예령*

An Analysis of ESG Management Strategies in the Shipping Industry under IMO's Greenhouse Gas Reduction Policies: Focusing on LDA Topic Modeling Analysis

Son, Ye-Ryeong

Abstract

The IMO's greenhouse gas(GHG) reduction policies present new challenges for ESG management in the shipping industry. This study analyzes the trends in ESG management strategies of shipping companies under the IMO's carbon neutrality strategy and explores pathways for sustainable development. To achieve this, 67 KCI-indexed papers published between January 2020 and October 2024 were analyzed using text mining and LDA topic modeling. The analysis identified four key topics: "Strengthening Environmental Regulations," "Enhancing the Quality of Ship Fuel and CCUS," "Transition to Eco-Friendly Ships and Ship Financing," and "ESG Disclosure and Evaluation."

The IMO's strengthened environmental regulations play a crucial role in helping shipping companies adopt green technologies and reduce carbon emissions, thereby securing global competitiveness. Specifically, the development of eco-friendly fuels, adoption of smart ship technologies, and the implementation of carbon capture, utilization, and storage have emerged as key priorities for a sustainable shipping industry. Furthermore, the increasing importance of ship financing has led to enhanced support from governments and financial institutions, accelerating the transition to eco-friendly ships.

This study systematically examines research trends in ESG management and GHG reduction strategies, providing insights into the sustainable development of the shipping industry and addressing global maritime environmental challenges. Future research should include a broader analysis of domestic and international data and specific case studies of shipping companies to develop practical strategies for enhancing the sustainability of the shipping industry.

Key words: Maritime Industry, Net-Zero, ESG, IMO, GHG reduction, Sustainability

▷ 논문접수: 2024. 11. 30. ▷ 심사완료: 2024. 12. 20. ▷ 게재확정: 2024. 12. 27.

* 포스텍(포항공대) 지속가능연구소 연구조교수, 제1저자, cuteacher@naver.com

I. 서론

2023년 7월, 안토니오 구테흐스(Antonio Guterres) UN 사무총장은 미국 UN 본부에서 “이제 지구온난화(Global Warming) 시대는 끝났으며, 이제는 지구열탕화(Global Boiling) 시대”라고 연설했다. 그리고 기후변화로 인한 폭염과 폭우, 폭설 등의 직·간접적인 피해가 커지자, 이제 우리에게 ‘기후변화’라는 말보다 ‘기후위기’란 단어가 더 익숙해졌다.

전 세계 교역량 90% 이상이 해상에서 이루어지고 있으며, 해운산업은 글로벌 물류시스템의 중추적인 역할을 담당하고 있다(PWC, 2023). 그러나 해운산업에서 배출되는 온실가스는 기후변화와 환경오염 문제를 심화시키는 요인 중 하나로 지목되고 있다.

해운산업의 탄소중립 달성을 위하여 IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구)에서는 MEPC(Marine Environment Protection Committee, 해양환경보호위원회) 제80차 회의를 개최해 온실가스(Greenhouse Gas) 배출에 대해 보다 강화된 감축 전략이 담긴 전략을 채택하였다. 개정된 IMO 온실가스 전략에는 온실가스 총배출량을 2008년 대비 2030년까지 최소 20% 감축, 2040년까지 최소 70% 감축, 그리고 2050년에는 순 배출량 ‘제로(0)’를 목표로 삼았다.

유럽연합집행위원회(European Commission)는 온실가스 감축을 위해 ‘EU Fit for 55’ 패키지 법안을 2021년 7월 14일 발표했다. 이는 2030년까지 온실가스 배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축하고, 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 목표로, EU(European Union, 유럽연합)가 도입한 입법안 패키지이다. 여기에는 ‘탄소배출권거래제(ETS, Emissions Trading System)’, ‘탄소국경조정제도(CBAM, Carbon Border Adjustment Mechanism)’, ‘교통 분야 온실가스 감축’, 그리고 ‘에너지효율 제고’에 관한 내용이 포함된다.

이에 따라 유럽에서는 2024년 1월 1일을 기점으로

해운 부문에서 탄소배출권거래제를 시행하며 선박의 기국(旗國)과 관계없이 EEA(European Economic Area, 유럽경제지역) 회원국의 관할 구역 내 항구에 기항하는 5,000톤 이상의 선박은 온실가스 보고검증제도인 MRV(Monitoring, Reporting and Verification)에 따라 온실가스 배출량에 해당하는 배출권을 구매하여 관리 당국에 제출해야 한다. 이를 이행하지 않을 시, 벌금이 부과되거나 EEA 영토 내 항구 입항 금지와 같은 조치가 이루어질 수 있다(KR, 2024.02.06).

IMO, EU뿐만 아니라 국제적으로 온실가스 배출 규제가 강화되고 있다. 이러한 환경 규제가 경제적 규제로 이어져 ‘무역장벽화’가 되어가는 오늘날 탈탄소에 대한 시대적 요구는 그 어느 때보다 강력해지고 있다. 특히, 선박을 통한 화물 수출입 의존도가 99.7%인 우리나라의 경우 외부의 규제 환경 변화에 대해 민감해질 수밖에 없다(SFOC, 2024).

해운산업은 글로벌 공급망의 핵심축으로서, 환경 규제 강화와 탄소배출 감축 목표 달성을 위한 노력이 가속화되면서 ESG(Environment, Social, Governance, 환경, 사회, 거버넌스) 경영의 중요성이 더욱 부각되고 있다. ESG 경영은 오늘날 기업 경영의 핵심 패러다임으로 부상하며, 기업의 지속가능한 성장과 사회적 책임 이행을 위한 필수적인 요소로 인식되고 있다. 특히, 환경 측면에서는 탄소중립 실현을 위한 노력과 자원 효율성 제고를 통한 순환경제 구축이 강조되며, 사회 측면에서는 다양성과 포용성 증진, 공정한 노동 환경 조성, 지역사회와의 상생을 위한 투자 등 사회적 가치창출에 대한 기업의 역할이 중요시된다. 그리고 지배구조 측면에서는 투명성 확보, 윤리적 의사결정, 이해관계자와의 소통 강화를 통해 기업 지배구조의 투명성과 책임성을 높이는 것이 요구되고 있다(Cong & Shanyue, 2022).

이에 해운기업들은 ESG 경영을 통한 기업의 장기적인 성장 동력을 확보하고 친환경 선박 도입, 연료 효율성 향상, 탄소배출권거래 시장 참여 등을 통해

온실가스 감축을 달성하기 위해 노력하고 있다. 따라서 본 연구에서는 해운산업의 ESG 경영을 위한 온실가스 감축 전략에 관한 연구 동향에 대해 분석하고, 이를 통해 지속가능한 해운산업의 발전 방향을 모색하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 국제사회의 온실가스 감축 관련 논의

오늘날 지구온난화 마지노선인 1.5℃가 되기까지 이제 0.02℃밖에 남지 않았다. 이러한 기후변화 문제의 심각성을 인지한 국제사회에서는 그동안 지구온난화를 넘어 열탕화가 되지 않도록 막기 위해 다양한 노력을 펼쳐왔다.

1992년 브라질 리우에서 ‘UN기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)’을 체결하였다. 하지만 해당 협약에서는 구체적인 이행방식이 논의되지 않았고 온실가스 배출이 지속적으로 증가했다. 그러자 1997년 일본 교토에서 개최된 제3차 당사국총회¹⁾에서는 UN기후변화협약의 구체적인 이행 방법을 담은 ‘교토의 정서’를 채택하게 된다. 교토의정서에는 온실가스 감축 여력이 낮은 사업장이 직접적인 감축을 하는 대신, 온실가스 감축 여력이 높은 사업장으로부터 탄소배출권을 거래할 수 있는 ‘배출권거래제도’가 규정되어 있다. 이는 자본주의로 발생한 환경문제를 자본주의 방식으로 해결하겠다는 취지라고 볼 수 있다. 그리고 2015년 개최된 제21차 당사국총회에서는 ‘파리협정’이 새롭게 채택되었다. 교토의정서에서는 감축의무가 선진국에 국한되었다면, 파리협정에서는 선진국뿐만 아니라, 개도국까지 모두 참여할 것을 명시하고 있다. 또한, 온실가스 배출량을 더욱 엄격히 줄

이지 않으면 세계적 재앙을 피할 수 없다는 공감대가 형성되면서 산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승을 2℃보다 더 낮게 유지하고, 나아가 1.5℃로 억제할 것을 목표로 내세웠다. 2019년 UN이 개최한 ‘기후행동 정상회의(Climate Action Summit)’ 이후 전세계적으로 탄소중립 선언이 이어졌고, 현재 140개국 이상이 탄소중립을 선언을 하며 온실가스 감축에 앞장서고 있다(손예령, 2023a).

2. IMO의 온실가스 감축 정책과 대응

온실가스 감축이란, 인간 활동으로 배출되는 이산화탄소(CO₂)와 같은 온실가스의 순 배출량을 ‘제로(0)’로 만드는 것을 의미한다. 이는 배출된 온실가스를 상쇄하기 위해 산림 조성, 탄소 포집 및 저장 기술 등을 활용하는 것을 포함한다. 온실가스 중에서도 가장 많이 배출되고 있는 이산화탄소 감축은 기후변화 완화와 지속가능한 발전을 위해 필수적이다. 이에, IMO는 국제 해운분야의 환경 규제를 선도하며, 온실가스 감축을 위한 노력을 단계적으로 진행하고 있다.

IMO는 초기 단계부터 국제 해운 분야의 온실가스 배출 문제의 심각성을 인지하고, 이에 대한 국제적인 공감대 형성을 위해 노력하였다. 다양한 연구와 분석을 통해 온실가스 배출 현황과 그 영향을 정량화하고, 이를 바탕으로 국제 해운 분야의 온실가스 감축 목표를 설정하였다.

IMO는 장기적인 관점에서 국제 해운 분야의 탄소중립을 목표로 설정하고, 이를 달성하기 위한 구체적인 로드맵을 수립하였다. 단계별 온실가스 감축 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위한 다양한 정책 수단을 마련한 것이다.

2013년 1월 1일부터 시행한 ‘EEDI(Energy Efficiency Design Index, 에너지효율 설계 지수)’는 선박이 1톤 화물을 1해리 운송할 때 배출되는 이산화탄소 배출량을 의미한다. 이는 선박 설계단계에서부

1) UN기후변화협약에 참여한 당사국들은 매년 ‘당사국총회(COP, Conference of the Parties)’를 개최함

터 에너지효율을 고려하여 보다 친환경적인 선박을 건조하기 위해 도입되었다. 선박의 종류와 크기에 따라 이산화탄소 배출량 기준값(EEDI)이 정해져 있다. 그리고 EEDI가 낮을수록 선박의 효율성이 높으며 그만큼 화석연료 소비와 탄소배출량을 줄일 수 있다고 볼 수 있다. 이 정책은 2015년부터 EEDI를 적용하여 신조 선박의 이산화탄소 배출량을 단계적으로 감축하도록 규정했으며, 5년마다 점진적으로 강화하여 2025년 이후에는 적용가능한 선박 유형에 대해 30%의 이산화탄소의 감축이 요구된다.²⁾ 이를 통해 지속적인 기술 혁신과 에너지효율 개선을 촉진하고자 한다.

2018년 4월 13일 IMO는 '선박 온실가스 감축 초기 전략(Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships)'을 채택했다. 이 이니셔티브는 국제 해운 분야의 온실가스 배출을 2008년 대비 2030년까지 최소 40% 감축하고, 2050년까지 최소 50% 감축하여, 금세기 중에는 온실가스 배출 제로를 달성하겠다는 목표를 설정한 장기적인 전략이다. 여기에는 선박의 에너지효율을 높이기 위한 다양한 기술적, 운영적 조치가 포함되어 있다. 또한, 저탄소 및 무탄소 연료 사용을 촉진하여 화석연료 의존도를 줄여, 2030년까지 국제 해운에서 사용되는 에너지의 최소 5%를 저탄소 또는 무탄소 연료로 전환하는 것을 목표로 한다. 배출된 온실가스에 가격을 부과하는 제도를 도입하여 배출량을 줄이는 경제적 인센티브를 제공하는 것으로 되어있으며, 이 이니셔티브는 해운업계의 지속가능한 발전을 촉진하고, 기후변화에 대응하기 위한 중요한 단계로 평가받고 있다.

이러한 IMO의 전략은 회원국 간의 합의를 거쳐 5년마다 점검 및 개정한다는 방침을 가지고 있다. 이에 따라 2023년 7월 7일에 개최된 MEPC 제80차 회의에서는 온실가스 총배출량을 2008년 대비 2030년까지 최소 20% 감축, 2040년까지 최소 70% 감축, 그

리고 2050년에는 순 배출량 '제로(0)'를 목표로 삼는 등 목표가 더욱 강화되었다(표 1 참고).

표 1. IMO 해운 분야 온실가스 감축 전략 변화

	초기전략(2018년)	중기전략(2023년)
점검지표	- 2030년까지 선박 탄소집약도 2008년 대비 40% 저감 - 2050년까지 선박 탄소집약도 2008년 대비 70% 저감	- 2030년까지 국제 해운 분야의 온실가스 배출량 2008년 대비 최소 20% 감축(30% 달성 노력) - 2040년까지 국제 해운 분야의 온실가스 배출량 2008년 대비 최소 70% 감축(80% 달성 노력)
최종지표	- 2050년까지 국제 해운 분야 온실가스 배출량 2008년 대비 50% 저감	- 2050년 국제 해운 분야 온실가스 배출량의 순 배출량 제로(0) 달성

자료: IMO(2023); 한국해사협력센터(2024) 참고.

2023년 1월 1일에는 2013년 이후 신조 및 개조된 선박에만 적용되던 EEDI를 현존선까지 확대하는 'EEXI(Energy Efficiency Existing Ship Index, 현존선 에너지효율 지수)' 규제가 시행되었다. EEXI는 2008년 대비 2030년까지 선박의 탄소집약도를 40% 감축하는 것을 목표로 한다. 그리고 EEXI는 400톤 이상의 모든 기존 선박에 적용되며, 평가 방식은 설계와 기술적 데이터를 기반으로 에너지효율을 계산한다(선박의 엔진 출력, 속도, 연료 소비량 등을 고려하여 산출됨).

2023년부터는 선박 설계상 기술적 조치인 EEDI나 EEXI 외에도 CII(Carbon Intensity Indicator, 탄소집약도 지수)를 낮추기 위한 운항적 조치를 추가로 준수해야 한다. CII는 선박의 운항 에너지효율성을 나타내는 지표로 5,000톤 이상의 선박에 적용된다. EEXI가 선박 운항 전에 산출한다면 CII는 운항 후에 산출한다는 차이점이 있다. CII 허용값 대비 달성 값에 따라서 A등급부터 E등급까지 총 5단계의 등급이 부여되는데, 3년 연속 D등급 혹은 1년 이상 E등급을 받은 선박의 경우, '선박에너지효율관리계획(SEEMP,

2) Phase 0 : 2013~2014 기준값 초과 금지(0%)
Phase 1 : 2015~2019 기준값 대비 10% 감축
Phase 2 : 2020~2024 기준값 대비 20% 감축
Phase 3 : 2025년부터 기준값 대비 30% 감축

Ship Energy Efficiency Management Plan)’을 수립해야 하며 타당성 승인을 받기 전까지 운항이 제한된다(이현균, 2021).

표 2. 해운 분야 환경 규제

기술적 조치	EEDI : 2013년 이후 건조된 신조선에 대해, 1톤의 화물을 1해일 운송하는데 배출되는 이산화탄소량의 기술적지표
	EEXI : 현조선(모든선박)에 대해, 1톤의 화물을 1해일 운송하는데 배출되는 이산화탄소량의 기술적지표
운항적 조치	CII : 1톤의 화물을 1해리 운송할 때 배출되는 이산화탄소량의 운항적지표
시장 기반조치	탄소배출권거래제, 탄소국경조정제도, 국제 온실가스펀드

이처럼 IMO는 해운 분야의 환경 규제를 강화하고 있으며 저탄소 선박 연료, 탄소 포집 기술 등의 신기술 개발 및 적용을 장려하며 온실가스 순 배출량 제로라는 장기 목표를 달성하기 위해 노력하고 있음을 알 수 있다.

이러한 IMO의 온실가스 감축 정책에 대응하기 위하여 국내에서 다양한 연구가 이루어졌다. 이현균(2021)은 국제사회의 탄소배출 논의와 한국의 법과 제도적 대응을 살펴보고, 해운기업의 탄소배출과 관련한 법률적 문제를 검토하였다.

곽동욱·박정양(2022)은 IMO의 온실가스 감축목표 규제에 대한 국내 해운업계의 인식을 체계적으로 연구한 실증연구를 진행하였으며, 2023년 이루어진 연구에서는 국내 해운업계의 선박 온실가스 감축 규제 대응을 구조적으로 분석하고, 국가활동계획 수립 및 대체 연료 개발 등 정책적 제언을 제시하였다(곽동욱, 2023).

이성엽 외(2023)는 무탄소 및 탄소중립 연료의 가용성과 선박 추진기술 성숙도를 분석하며, 선상 이산화탄소 포집기술 연구개발 방향을 제안하였고, 김보람·안영균(2021)은 선박 온실가스 감축조치의 영향 평가를 비교하기 위한 세부 가이드라인 도출 시, 온실가스 감축을 주도하는 해상환경 선도국이 될 수

있다고 보았다.

한편, 안준건(2023)은 친환경선박 인증제를 활용한 선박금융 조달 방안을 제안하며, 이는 국내 해운업의 경쟁력 강화에 기여하는 제도적 기반이 될 수 있다고 보았다.

이처럼 IMO 온실가스 감축 정책에 대응하기 위한 다양한 선행연구가 존재하나, 이러한 연구 동향을 종합적으로 분석한 연구가 이루어지지 않았다. 이에, 본 연구에서는 온실가스 감축 정책 대응 방향에 관한 연구 동향을 텍스트 마이닝 기법을 통해 종합적으로 분석하고, 이를 통해 지속가능한 해운산업의 발전 방향을 모색하고자 한다.

III. 연구방법

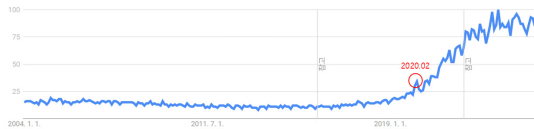
기후변화는 현대 사회가 직면한 가장 큰 도전 중 하나로, 오늘날 기업들은 기후변화를 넘어 기후위기에 대응하고 지속가능한 성장을 하기 위해 다양한 전략과 노력을 기울이고 있다. 특히, 해운산업은 글로벌 물류의 핵심축으로서 탄소배출량이 높아 탄소중립 실현을 위한 노력이 시급한 상황이다. 이에 본 연구에서는 탄소중립 및 온실가스 감축을 위한 해운기업의 ESG 경영에 관한 국내 연구 동향을 분석하고, 이를 통해 지속가능한 해운산업의 발전 방향을 모색하고자 한다.

이를 위하여 문헌 정보에 대한 메타분석을 실시하기 위한 과학적 분석법 중 하나인 텍스트 마이닝(Text Mining)기법을 활용해 2020년 1월부터 2024년 10월까지 발표된 탄소중립, 온실가스 감축 정책 등 해운산업의 ESG 경영에서도 환경(E) 이슈에 대하여 다루고 있는 KCI 등재지 논문을 중심으로 수집했다.

2020년 1월부터 게재된 논문을 중심으로 분석한 이유는 구글 트렌드를 통해 지난 20년간(2004년 1월 2024.10월) 전세계에서 ‘ESG’와 관련된 검색량을 조사하였을 때, 2019년부터 점진적으로 ESG에 관한 관

심과 검색량이 증가해오다 2020년 2월에 급부상하였음을 알 수 있었다(그림 1 참고).

그림 1. ESG에 대한 관심도 변화('04.01.~'24.10.)



자료: Google Trends.

ESG는 1987년 WCED(World Commission for Environment and Development, 세계환경개발위원회)에서 발간한 브룬트란트 보고서에 언급된 ‘지속가능한 발전’이란 개념에서 시작되어, UN PRI(Principles for Responsible Investment, 유엔 책임투자 원칙)를 통해 ESG라는 용어가 본격적으로 사용되었다. UN PRI는 2006년 발표되었으나 구체적인 실행계획은 그로부터 15년 후인 2020년까지 제시해야 한다고 밝혔기에 2020년에 ESG에 관한 관심도가 높아졌을 것으로 예측된다.

여기에 더해 2019년 BRT(Business Round Table, 비즈니스 라운드 테이블)³⁾에서 기업의 목적을 고객, 구성원, 파트너사, 주주, 지역사회 등 모든 이해관계자에게 가치를 제공하는 것이라고 밝혔으며, 2020년 스위스 다보스에서 개최된 세계경제포럼(WEF)에서도 ‘지속가능성과 이해관계자 자본주의’가 강조되면서 기업의 사회적 책임과 ESG가 기업 경영의 핵심 화두로 부상하였음을 알 수 있다.

또한, 2020년 1월 세계 최대 자산운용사인 블랙록(Black Rock)의 CEO 래리 핑크(Larry Fink)가 전세계 최고경영자들에게 보낸 연례 서한에서 지속가능성이 투자 의사 결정의 핵심 요소이며, ESG 경영을 실시하지 않는 기업에 투자하지 않겠다고 선언하면서 ESG에 대한 관심이 부상한 것으로 보인다. 이에 본 연구에서는 ESG에 관한 관심이 부상한 2020년 1

월부터 현재(2024년 10월)까지 게재된 논문을 중심으로 분석하였다.

해당 기간동안 수집된 92편의 논문(ESG 경영 관련 15편, 탄소중립 관련 11편, 온실가스 감축 관련 32편, 친환경 관련 34편) 중 주제와 관련성이 떨어지는 논문, 외국어로 작성되었거나 키워드가 없는 논문, 중복되는 논문 25편을 제외한 총 67편의 논문을 선정하였다.

수집된 논문들의 데이터 처리를 위해서 제목, 초록, 키워드를 추출한 뒤 텍스트 전처리 과정을 수행했다. 수집된 논문에서 사용된 모든 단어들 중 분석에 필요한 단어들만 추출하기 위해 숫자나 문장부호, 특수문자, 그리고 문맥상 의미가 없는 불용어(stop-word)는 추출 단어 그룹에서 제거했으며, 같은 어근을 가진 단어들은 하나의 단어(stemming)로 통일했다. 수집된 원자료 즉, 비정형 텍스트를 분석이 가능한 형태로 변환 및 정제하기 위해 Textom 24를 활용해 형태소 분석을 진행했다.

그리고 수집된 텍스트 데이터를 Bag of Words 모델의 단어 그룹으로 정리했다. 이 모델은 단어 빈도를 수치화하여 문서 자료를 분석하는 방법으로, 정보를 추출함에 있어 단어의 순서는 고려하지 않고 빈도에만 집중했다(Baeza-Yates & Ribeiro-Neto, 1999).

그러나 단어의 출현빈도를 파악하는 것만으로 해당 단어들 지니는 맥락과 의미를 명확하게 파악하기 어렵다. 상대적으로 소수의 문서들에서 공통적으로 등장하는 단어들은 오히려 모든 문서들에서 공통적으로 빈번하게 나오는 단어들보다 문서의 문맥적 유사성을 분석하는데 중요하다(Robertson, 2004). 따라서 TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency, 단어 빈도-역 문서 빈도) 분석도 진행했다. 이 분석 방식은 단순히 어떤 단어가 많이 등장했는지 여부(TF)만 따지는 게 아니라, 그 단어가 다른 문서엔 잘 등장하지 않다가 해당 문서에 등장함에 따라 중요해지는 여부(IDF)를 가중치로 부여해 계산하는 방식이다(Salton & Buckley, 1988). 즉, 특정한

3) 미국 200개 주요 대기업 CEO들로 구성된 협의체

단어가 전체문서 내에 자주 등장할수록 해당 문서에서 중요하다고 볼 수 있으나, 그만큼 해당 단어가 흔하게 등장함을 의미한다. 따라서 TF-IDF는 특정 문서에서 자주 등장하나, 전체문서에서는 많이 등장하지 않는 단어일수록 높은 값을 가진다.

그림 2. TF-IDF 값 산출식

$TF \times \ln\left(\frac{D}{DF}\right)$	TF : 단어의 빈도
	ln : 자연로그 ⁴⁾
	D : 전체문서의 수
	DF : 해당단어가 포함된 문서의 수

또한, 기존의 네트워크 분석만으로는 발견하기 어려운 의미를 도출하기 위해 토픽모델링 분석을 진행했다. 토픽모델링은 문서 집합의 추상적인 토픽을 발견하기 위한 텍스트마이닝 기법으로, 하나의 문서가 특정 단어들의 집합이라고 가정했을 때 문서에 나오는 단어를 확률적으로 계산하여 분문의 숨겨진 의미 구조를 발견하는 모델이라 볼 수 있다(우창우·이종연, 2020). 이 연구에서는 토픽모델링 분석 방식 중 가장 대중적인 LDA(Latent Dirichlet Allocation, 잠재 디리클레 할당) 모델을 사용했다. LDA 토픽모델링은 “디리클레의 분포를 가정해 설정된 토픽 수 값에 따라서 전체 문서에 토픽을 무작위로 할당한 후, 토픽의 재할당을 반복하며 잠재적인 토픽을 찾아내는 알고리즘”이다(손예령, 2022).

토픽모델링은 토픽 수에 따라서 그 구조가 달라진다. 따라서 토픽 수와 해당 토픽 안에 들어갈 단어 수를 결정하는 것이 중요하다. 토픽의 수가 적으면 주제에 많은 키워드가 포함되어 토픽들 사이에 구분이 어렵고, 반대로 많을 경우 토픽 안에 특별한 키워드를 찾기 어렵기 때문에 무의미한 주제가 도출될 수 있다. 그리고 토픽 사이의 거리가 멀어질수록

주제 간의 구분이 명확해져 판별타당도가 높아진다. 이에 토픽 수를 3~7개로 시뮬레이션을 돌려본 결과, 토픽 수를 4개로 설정했을 때 토픽간 거리가 뚜렷하게 구분되고 유의미한 해석이 가능했다. 이에 본 연구에서는 4개의 토픽에 각각 상위 30개의 키워드가 포함되도록 설정했다.

그러나 토픽 안의 모든 단어들을 고려하여 주제를 해석하기 어렵다. 따라서 토픽 내 빈번하게 등장하면서도 유의미한 단어들을 중심으로 토픽의 의미를 도출하였다. 또한, LDA 토픽모델링 기법을 활용해 주요 토픽을 도출한 후 각 토픽의 크기와 토픽 간 거리와 상관관계를 파악하기 쉽도록 ‘IDM(Intertopic Distance Map, 주제간 거리 지도)’을 통해 시각화했다. 이를 통해 해운산업의 ESG 경영 활동에서의 탄소중립 및 온실가스 감축에 관한 국내 연구 동향을 분석하였다.

IV. 분석결과

1. 빈도 및 TF-IDF 분석 결과

키워드 빈도분석 결과 해운, ESG, 기업, 온실가스, IMO, 탄소중립 등 본 논문의 주제와 관련된 내용을 제외한 ‘(환경)규제, 친환경, 탄소, 배출, 감축, 기후변화, 지속가능발전, 대체연료⁵⁾, 선박금융, 수소, 법안, 디지털, 인프라, 정보, 공시 등’의 주제와 관련된 연구가 많이 진행된 것으로 나타났다. 이 중에서도 특히 규제나 친환경, 탄소, 배출, 감축, 그리고 대체연료, 금융 등에 관한 내용이 많이 등장하는데, 이는 IMO의 탄소배출 규제 강화와 기후변화 대응을 위한 국제 해운의 친환경 전환이 가속화되면서, 선박금융의 중요성이 커지고 있기 때문으로 보인다.

그러나 키워드 출현 빈도만으로 해당 단어들이 해

4) 자연로그를 사용하지 않고, IDF를 DF의 역수로 사용시 D(전체문서 수)가 커질 때, IDF가 기하급수적으로 커지므로, 이를 방지하기 위하여 로그 사용

5) 대안연료, 친환경연료, 저유황연료, LNG추진연료, 수소선박연료, 탄소중립선박연료 등이 포함됨

운산업의 ESG 경영 활동에서도 탄소중립 및 온실가스 감축과 관련된 주요 이슈임을 파악하기 어렵다. 따라서 TF-IDF 분석을 함께 진행하였다. 그 결과 ESG 정보 및 공시에 관한 내용과 탄소배출권거래제, 타인자본비용, 조직문화 등에 관한 주제가 전체문서에서는 많이 등장하지 않지만, 특정 논문에서 집중적으로 다루어진 주제임을 알 수 있었다.

표 3. 빈도분석 결과

키워드	빈도수
해운	84
ESG 경영	74
온실가스	66
규제	56
IMO	44
친환경	42
배출	41
감축	40
항만	39
탄소	38
물류	29
기후변화	23
지속가능발전	23
대체연료	22
선박	21
금융	18
탄소중립	15
운송	11
수소	11
법안	11
디지털	10
인프라	10
정보	9
공시	9
탄소배출권거래제	8
배기가스	7
조직문화	7
지구온난화	7
기술	7
타인자본비용	6

표 4. TF-IDF 분석 결과

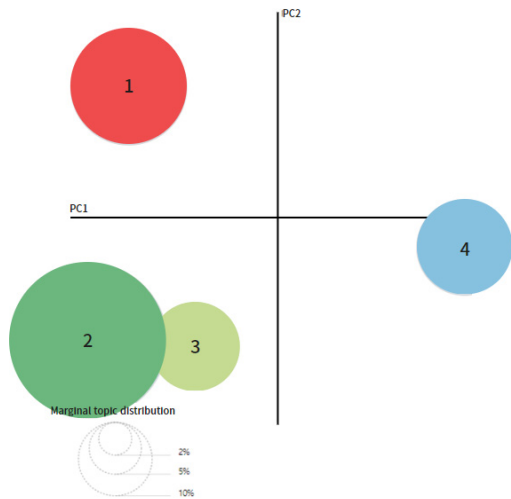
키워드	DF	IDF	TF-IDF
ESG 경영	34	1.137079	84.14381
온실가스	36	1.07992	71.27473
규제	30	1.262242	70.68554
감축	20	1.667707	66.70827
배출	21	1.618917	66.37558
탄소	20	1.667707	63.37286
항만	21	1.618917	63.13775
친환경	24	1.485385	62.38618
물류	14	2.024382	58.70707
해운	55	0.656106	55.1129
대체연료	10	2.360854	51.93879
금융	6	2.87168	51.69023
IMO	34	1.137079	50.03146
선박	14	2.024382	42.51202
지속가능발전	17	1.830226	42.09519
기후변화	19	1.719	39.537
수소	6	2.87168	31.58848
탄소중립	14	2.024382	30.36573
인프라	6	2.87168	28.7168
정보	5	3.054001	27.48601
공시	5	3.054001	27.48601
법안	9	2.466215	27.12836
운송	10	2.360854	25.96939
디지털	8	2.583998	25.83998
조직문화	3	3.564827	24.95379
탄소배출권거래제	5	3.054001	24.43201
배기가스	4	3.277145	22.94001
타인자본비용	3	3.564827	21.38896
지구온난화	7	2.717529	19.0227
기술	7	2.717529	19.0227

2. LDA 토픽모델링 결과

LDA 토픽모델링 분석을 통해 총 4개의 토픽을 도출했으며, 각 토픽마다 상위 30개의 키워드를 포함시켰다. 각 토픽 안에 들어있는 단어를 모두 고려하여 주제를 해석하기 어렵기에 토픽 안에 가장 많이 등장하였거나, 유의미한 키워드들을 중심으로 각각의 토픽이 의미하는 바를 추론해 토픽명을 도출하였다. 그

결과 '해운산업의 환경 규제 강화'와 이에 따른 대응으로 '선박 연료의 질적 향상 및 CCUS', '친환경 선박 전환 및 선박금융', 그리고 '해운기업의 ESG 경영을 위한 공시 및 평가'에 관한 토픽이 도출되었다.

그림 3. 토픽모델링 결과를 주제별 거리지도로 시각화



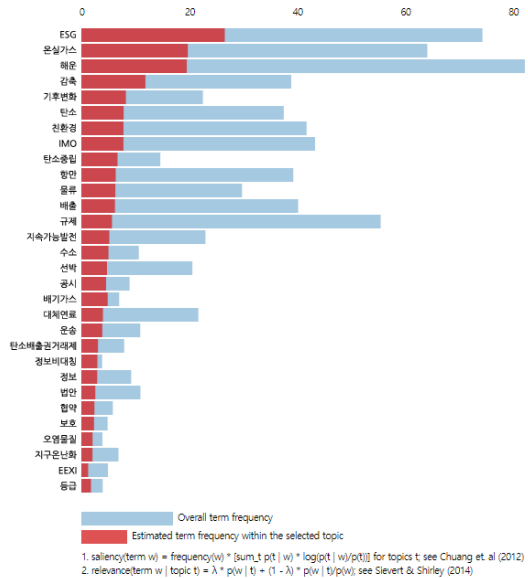
- 토픽 1 : 해운산업의 환경 규제 강화
- 토픽 2 : 선박 연료의 질적 향상 및 CCUS
- 토픽 3 : 친환경 선박 전환 및 선박금융
- 토픽 4 : 해운산업의 ESG 경영 공시 및 평가

1) 해운산업의 환경 규제 강화

'토픽 1'은 전체의 24.8% 비중을 차지하며 기후변화, 온실가스, 배기가스, 탄소, 배출, 감축, 규제, 지속가능발전, 법안, 탄소배출권거래제, EEXI 등의 키워드로 구성되어 있다. 이에 '토픽 1'을 '해운산업의 환경 규제 강화'라고 정의하였으며, 이는 'IMO 선박 온실가스 감축 규제에 대한 국내 해운업계 대응의 해석적 구조 분석, 해운 분야 탄소배출과 관련된 법률문제에 대한 검토, IMO 온실가스 감축 조치의 국가별 영향평가 가이드라인 개발 연구, 국제해사기구의 해상운송기인 온실가스 규제와 공동이지만 차별적 책임, 기후변화에 따른 탄소중립(저감)규제가 항

만에 미치는 영향에 관한 연구' 등의 논문을 통해 확인할 수 있었다.

그림 4. 토픽 1 LDA 토픽모델링 결과



병커C유를 연료로 사용하는 선박은 많은 대기오염 물질을 배출한다. 특히, 10k급 선박 1척은 자동차 100대에 버금가는 양의 오염물질을 배출하여 심각한 대기오염 문제를 야기한다. 이에, IMO에서는 2020년부터 전세계 모든 선박에 대해 황 함량 0.5% 이하의 연료 사용을 의무화하는 등 황산화물(SOx) 배출 규제를 강화했다.⁶⁾

우리나라의 경우, 2020년 '선박황산화물배출규제 협약(Sulphur Cap 2020)'에 대응하기 위해 '환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률(친환경선박법)'을 제정하고 2000년부터 시행하고 있다. 이 법은 황산화물 규제뿐만 아니라 탄소배출 규제 등 다양한 환경 규제에 대응하여 환경친화적 선박 개발

6) 황 함량이 1%이상인 병커유를 고유황유라고 하는데, 선박 연료로 사용되는 병커C유는 황 함량이 2% 이상이라 연소 시, 이황산가스와 같은 황산화물을 배출하여 대기오염을 일으킴

및 보급을 촉진하기 위해 만들어졌지만, 글로벌 황산 화물 규제에 대응하기 위해 급하게 만들어지다 보니 전체적인 환경 규제에 대응하기에는 한계가 있다(최병열, 2021).

탄소배출권거래제는 이미 많은 국가에서 시행되고 있고, 우리나라에서도 2015년부터 한국형 탄소배출권거래제(K-ETS)를 도입하여 시행하고 있다. 하지만 우리나라 해운산업에서는 아직 도입되지 않았다. 이러한 상황에서 탄소배출 규제가 강화되면 해운산업 전반에 걸쳐 다양한 법적 문제가 발생할 수 있다. 용선 계약, 운송 계약, 보험 계약 등에서 탄소배출과 관련된 조항을 명확히 규정하지 않으면 분쟁이 발생할 가능성이 높기 때문이다. 이에, 해당 규정을 포함하는 등의 선제적 대응이 필요할 것이다(이현균, 2021).

또한, IMO는 해운산업의 온실가스 저감을 위해 선박에 대한 EEDI, EEXI, CII 등의 규제를 도입하여, 이를 선박 건조에서 운항까지 모든 단계에 적용하고 있다. IMO는 선박의 탄소배출량을 감축하기 위해 2013년부터 신조선에 대해서 적용하던 EEDI를 현존선까지 확대하는 EEXI와 운항상 조치인 CII를 2023년부터 적용하기로 했다. 즉, 현재 운항 중인 모든 선박은 1999년부터 2009년 사이 건조된 선박의 평균 탄소배출량 대비 20% 이상 감축이라는 목표를 달성해야 한다. 이를 위해서는 선박의 연료 효율을 높이는 등 에너지효율 개선 노력이 절실히 요구된다.

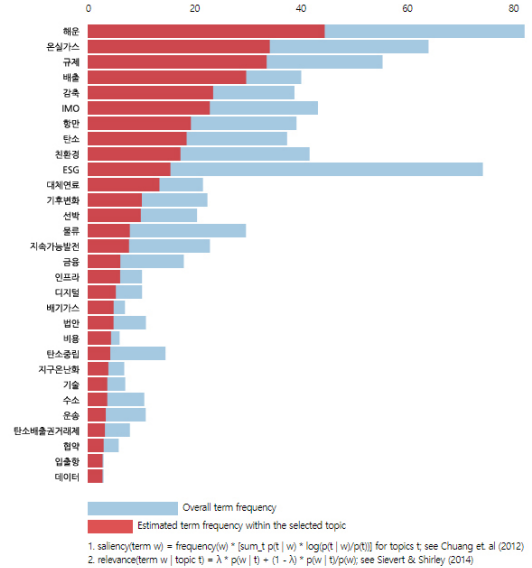
2021년 EU는 Fit for 55를 발표하면서 해운산업의 탄소배출권거래제를 2023년부터 도입할 것임을 발표했다. IMO와 EU의 탄소배출 규제는 더이상 해운산업이 규제 외 산업으로서 특혜를 누릴 수 없음을 공식적으로 선언한 것이라 볼 수 있다(이현균, 2021).

2) 선박 연료의 질적 향상 및 CCUS

‘토픽 2’는 전체의 44.3% 비중을 차지하며, 온실가스, 탄소, 배기가스, 배출, 감축, 친환경, 대체연료, 수소, 비용, 인프라, 디지털, 기술 등의 키워드로 구

성되어 있다. 이에 ‘토픽 2’를 ‘선박 연료의 질적 향상 및 CCUS’라 정의했다.

그림 5. 토픽 2 LDA 토픽모델링 결과



이는 ‘IMO 온실가스 감축 조치 대응을 위한 선상 이산화탄소 포집기술의 필요성과 개발 방향에 대한 고찰, 국내 선박 그린연료 정책 동향에 관한 연구, 중국의 선박기인 온실가스 배출규제에 관한 법적 고찰, 항만의 탈탄소 전환에 관한 연구’ 등의 논문을 통해 확인할 수 있었다.

IMO는 선박 운항과 동시에 발생하는 대기 및 해양 오염 등의 환경문제를 해결하기 위해 선박 연료 규제를 강화하고 있다. 그 중심에는 선박 연료의 질적 향상이 있으며, 이는 IMO의 환경 규제 강화에 대응하여 선박 운항을 위한 필수적인 요건이 되었다. IMO 2020 규제에 따르면, 2020년 1월 1일부터 선박의 황산화물 배출량을 3.5%g/m³에서 0.5%g/m³까지 제한하는 것으로 강화했다.⁷⁾

7) 북해, 발트해, 북미, 미 카리브해 등 황산화물 배출 통제 지역의 경우 0.1%g/m³까지 제한

선박의 황산화물 배출을 감축하기 위해 황 함량이 낮은 '저유황유'를 사용하거나, 배기가스 내의 황산화물을 흡수하여 제거하는 '스크러버(Scrubber, 탈황장치)' 설치, 또는 LNG(액화천연가스) 연료로 전환하는 방법이 있다.

먼저, 스크러버는 초기 투자비를 감안하여도 고가의 저유황유 대신 기존 연료를 사용할 수 있어 경제적인 편이다. 그러나 '개방형 스크러버'의 경우 바닷물을 사용한 후 방류하기 때문에 해양 산성화 등의 문제가 우려된다. 이에 미국이나 유럽, 중동 등에서는 개방형 스크러버를 설치한 선박 입항을 금지하고 있다. 환경 규제가 강화되는 상황에서 개방형 스크러버를 사용하는 것은 실제 환경 규제 취지에 맞지 않으며, 앞으로는 몇몇 항구에 입항 금지로 끝나지 않을 수 있다. 따라서 이에 대한 대안으로 폐쇄형과 하이브리드 스크러버가 있다. '폐쇄형 스크러버'의 경우 알칼리성 성분인 수산화나트륨이 포함된 정화수를 사용하여 정화하고, 불순물이 포함된 소량의 물만 따로 분리하여 별도의 처리를 거친 후, 바다로 방류하기 때문에 해양 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있지만, 초기 투자 비용이 높다. 그리고 하이브리드형은 선박의 상황에 따라 바닷물 혹은 정화수를 사용한다는 특징이 있다.

이외에도 단기적으로 선박에 샤프트출력제한장치(ShaPoLi)나 엔진출력제한장치(EPL) 등을 설치해 운항 속도를 낮추는 방법이 활용되기도 한다. 하지만 이러한 방법은 운송 효율을 떨어뜨리고 엔진 수명을 단축시킨다. 따라서 선박 탄소배출 규제 강화에 대응하여 LNG추진선과 같은 친환경 연료 전환이 장기적인 해결책으로 주목받고 있다. LNG 연료 전환은 황 성분이 거의 없고 미세먼지 배출량도 적어, 글로벌 선사는 물론 우리나라의 해운기업에서도 LNG 연료 전환을 위한 선박 개조 및 신조가 활발하게 이루어지고 있다.

또한, 무탄소 연료인 수소, 그린 메탄올, 그린 암

모니아, 바이오 연료 등 다양한 대체연료 개발이 진행되고 있으며, 장기적으로는 탄소중립을 위한 필수적인 기술로 평가받고 있다. 선박 연료의 질적 향상은 해양 환경 보호와 지속가능발전을 위한 필수적인 과제이다. 저유황유 사용 의무화를 시작으로 LNG 연료 전환, 대체연료 개발⁸⁾ 등 다양한 노력이 이루어지고 있지만 경제적 부담과 기술적 어려움 등 선결해야 할 문제가 여전히 존재하고 있다.

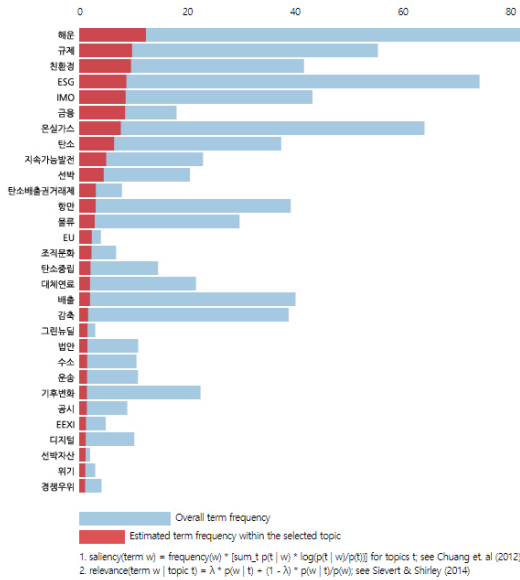
따라서 IMO의 환경 규제 강화에 대응하고 해양 환경오염 문제를 해결하기 위해서는 정부, 산업계, 학계의 긴밀한 협력을 통해 선박 연료의 질적 향상뿐만 아니라, 선상 이산화탄소 포집, 활용, 저장 기술인 CCUS(Carbon Capture Utilization and Storage) 활성화 등의 노력을 지속해야 할 것이다.

3) 친환경 선박 전환 및 선박금융

'토픽 3'은 전체의 14% 비중을 차지하며, 친환경, 선박, 온실가스, 규제, 선박자산, 금융, 지속가능발전, EEXI 등의 키워드가 포함되어 있다. 이에 '토픽 3'을 '친환경 선박 전환 및 선박금융'으로 정의했다. 이는 '계층분석법을 이용한 친환경선박 보급정책의 중요도 분석, 지속가능전환 시기를 맞은 해운산업의 탄소거래 및 해양금융 생태계 구축 연구, 친환경선박 인증을 통한 해운금융 조달에 관한 고찰, 친환경선박법의 체계 및 조선소의 대응을 고려한 발전방향에 대한 고찰' 등의 논문에서 다루어졌다.

8) 무탄소 연료의 경우, 전과정평가(Life Cycle Assessment)가 필요하여 바로 도입하기 어려우며 대량 생산 및 공급 체계를 구축하기까지 상당한 시간이 소요될 것으로 예상됨

그림 6. 토픽 3 LDA 토픽모델링 결과



오늘날 EEDI, EEXI, CII 등 선박 온실가스 감축을 위한 규제가 강화되고 있다. 선박의 온실가스 배출 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 친환경 선박

건조는 더이상 선택이 아닌 필수이다.

2024년 10월 기준, 세계에서 운용 중인 선박 중 IMO 환경 규제에 대응하고 있는 선박은 총 8,716척 (발주 잔량 포함) 이다. 한국LNG벌커링산업협회가 노르웨이선급(DNV) 자료를 참고하여 발표한 바에 따르면, 이 중 스크리버 설치 선박(5,452척)이 가장 많지만, 증가율은 3.7%(196척)에 그쳤다. 반면, LNG 추진선(1,174척), 배터리 적용 선박(1,395척), LPG 추진선(261척), 메탄올추진선(367척), 수소추진선(40척), 암모니아추진선(27척) 등 친환경 대체연료를 사용하는 선박은 총 3,264척으로, 지난 1년간 25.3%나 증가했음을 알 수 있다.

친환경 선박마다 각기 고유한 특성을 가지고 있기에, 운항 목적이나 항로에 따라 최적의 연료를 선택해야 한다. 친환경 선박 건조 기술은 빠르게 발전하고 있으며 LNG 추진선 외에도 수소, 바이오, 암모니아 등 저탄소 또는 무탄소 연료를 사용하는 선박 개발이 활발하게 진행되고 있다.

표 5. 친환경 선박 유형별 특징

LNG 추진선	아황산가스 90%, 이산화탄소 20%, 질소산화물 80% 저감 효과가 뛰어나. 화재의 위험이 있고, LNG를 극저온(영하163도)으로 유지해야하여 대규모 연료탱크 필요. 이로인해 급유시설 부족
수소 추진선	탈탄소 선박으로 평가받지만 영하 235도의 극저온에서 액화해야 하고, 기존 연료탱크에 비해 저장탱크가 7배 이상 커서 상대적으로 화물 적재 공간이 적으며, 운송 및 저장에 많은 비용이 들
원자력 추진선	소형 원자로를 이용하여 높은 출력과 오염물질 최소화 가능. 연료봉을 탑재하면 20년간 교체할 필요가 없어 연료 적재 공간 활용이 가능해 더 많은 화물 적재가 가능. 원자력 폐기물 처리 및 운송과 관련된 위험성 높음
전기선박	소형 페리 등에 특화되어 있으나, 현재 기술로는 장기 항해나 대형 선박에는 이용하기 어려움
바이오 추진선	기존 연료 시스템과의 호환성이 높아 저장 및 운송 측면에서 우수하지만, 산화에 따른 연료 효율 저하와 연료 공급 인프라 부족 문제가 있음
암모니아 추진선	암모니아는 운송과 보관이 편리하고 공급 안정성도 높음. 이산화탄소와 황산화물 배출이 거의 없고 비용도 상대적으로 적어 차세대 친환경 연료로 꼽힘

출처: 박찬균(2023.09.25) 참고하여 재구성.

그리고 선박의 저항을 줄이고 추진 시스템의 효율을 높여 연료 소비를 최소화하는 기술도 지속적으로 발전하고 있다. 특히, 인공지능과 빅데이터를 활용하여 선박 운항을 최적화하고 에너지효율을 높이는 스마트 선박 기술은 미래 해운산업의 핵심 기술로 자리매김하고 있다. 향후 친환경 연료의 상용화가 가속화됨에 따라, 친환경 선박 시장은 더욱 확대될 것으로 전망된다. 글로벌 해운 선사들은 이미 친환경 선박 도입에 적극적으로 나서고 있으며, 이는 미래 해운산업의 지속가능한 성장을 위한 필수적인 과정이라 볼 수 있다.

한편, 기후변화 대응을 위한 국제 해운의 친환경 전환이 가속화되면서, 선박금융의 중요성이 더욱 커지고 있다. IMO의 탄소배출 규제 강화와 고금리, 선가 상승 등 어려운 환경 속에서 선사들의 친환경 선박 발주에 어려움이 있기 때문이다. 그리고 해운산업의 지속가능한 전환을 위해서는 새로운 기술개발, 고가의 친환경 연료 사용, 관련 인프라 구축 등에 상당한 투자가 필요하다. 이러한 비용 부담은 기존에 선박량(배 한 척당 실을 수 있는 화물의 총량)을 확대하며 규모의 경제를 실현했던 대형 선사들에게 유리하다. 따라서 앞으로의 지속가능한 전환은 기존의 경쟁 구도를 더욱 공고화하여, 소위 '레드퀸 효과'를 야기할 수 있다(안순구·윤희성, 2023).

이에 각국 정부는 공공기관과 금융권을 중심으로 친환경 선박 발주를 지원하는 다양한 정책을 추진하며, 자국 해운산업의 경쟁력 강화에 힘쓰고 있다. 또한, 각국 정부는 선사들의 비용 부담 때문에 친환경 투자를 주저하지 않도록 금융 지원을 확대하고 있으므로, 앞으로 친환경 선박금융 상품이 다양해지고 접근성이 높아질 것으로 보인다(박찬균, 2023.09.25).

우리나라는 아시아 최초로 정부 주도의 탄소중립 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위해 다양한 정책을 추진하고 있다. 특히, 해운산업의 탄소배출량 감축을

위해 국적 선사의 친환경 선박 전환을 위해 정부의 보조금, 선박투자, 특별보증 등의 지원방안이 추진되고 있다. 또한, 친환경 선박에 필요한 기술 개발과 함께 미래연료 인프라 구축, 관련 법규 정비 등 친환경 해운산업 생태계 조성을 위한 노력을 기울이고 있다.

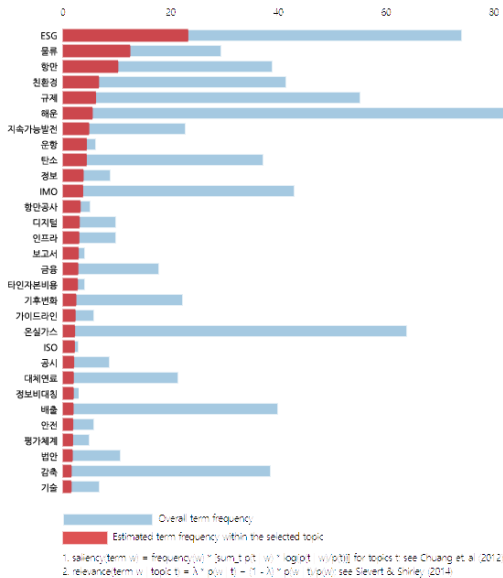
그러나 금융기관들이 고가성 자산인 선박에 대한 자산담보부금융을 꺼리는 경향이 있다. 비금융권의 참여가 늘고 있지만, 안정적인 선박금융을 위하여 선박 자산의 신뢰도를 높이는 노력 또한 필요할 것이다. 이에, 안준건(2023)은 '친환경선박인증제'를 활용한 선박금융 조달 방안을 제시하였다. 이는 "선박금융을 녹색금융으로 조달이 가능하도록 해줄 수 있으며, 국내 해운업의 경쟁력 강화에 기여할 것"으로 기대된다. 즉, "선박 자산의 친환경성을 국가가 인정하여 이를 활용한 해운사의 영리활동에 안정적인 자금 융통이 가능할 수 있을 것"으로 보인다.

4) 해운산업의 ESG 경영을 위한 공시·평가

'토픽 4'는 전체의 16.9% 비중을 차지하며, ESG, 지속가능발전, 정보, 보고서, 가이드라인, ISO, 공시, 정보비대칭, 평가체계 등의 키워드로 구성되어 있다. 이에 '토픽 4'를 '해운산업의 ESG 경영을 위한 공시 및 평가'로 정의했다. 이는 'ESG 경영이 해운물류기업의 경영성과에 미치는 영향, 지속가능 항만을 위한 항만기업의 ESG 경영전략에 관한 연구, 해운기업의 ESG 경영에 관한 주요 동향과 시사점, 해운기업의 ESG 활동과 타인자본비용, 해운기업의 ESG 활동에 관한 연구, 해운물류 경쟁력 강화를 위한 ESG 경영에 관한 연구' 등의 논문을 통해 확인할 수 있었다.

9) 루이스 캐럴의 소설 '이상한 나라의 앨리스'에서 붉은 여왕이 살고있는 체스판 위에서는 주변 환경이 계속해서 빠르게 움직이기 때문에, 제자리에 머무르기 위해서도 끊임없이 노력해야 함을 의미

그림 7. 토픽 4 LDA 토픽모델링



더이상 미룰 수 없는 시대적 화두, 지속적인 탄소 중립 요구 속에서 해운산업은 높은 탄소배출량으로 인해 지속가능한 성장을 위한 새로운 패러다임 전환을 요구받고 있다. 이에 따라 해운기업들은 환경, 사회, 지배구조를 아우르는 ESG 경영을 통해 온실가스 감축 목표 달성과 동시에 사회적 책임을 다하고 투명한 경영 시스템을 구축해야 하는 과제에 직면해 있다. 이에 따라 ESG 경영은 해운산업의 경쟁력과 지속가능성을 향상하는 최우선 과제로 매김하였다. 해운산업의 ESG 경영에 관한 주요 이슈를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 환경 부문에서는 해운산업이 전 세계 무역의 핵심축을 담당하는 만큼, 온실가스 배출 감축을 위한 노력이 절실하다. 친환경 선박 도입, 운항 효율화, 저탄소 연료 전환, CCUS 도입 등 다양한 방안을 통해 탄소배출량을 줄이고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있다. 특히, 스마트 기술을 활용한 운항 데이터 분석은 효율적인 운항 관리에 기여하며, 탄소배출량 감축에 효과적인 수단으로 주목받고 있다.

사회 부문에서는 안전한 작업 환경 조성, 지역사회

와의 상생, 공정한 무역 관행 준수 등을 통해 해운산업이 글로벌 가치 사슬의 책임 있는 주체로서 역할을 수행해야 한다. 이는 해운산업의 장기적인 성장을 위한 필수적인 요소이며, 사회적 책임을 다함으로써 기업 이미지 향상과 고객 신뢰 확보에도 기여할 수 있다.

지배구조 부문에서는 투명하고 책임 있는 지배구조를 구축하여 ESG 경영의 기반을 마련해야 한다. 이사회 의 다양성 확보, 이해관계자 참여 확대, 윤리 경영 강화 등을 통해 투명성을 높이고 기업의 지속 가능한 성장을 위한 기반을 다져야 할 것이다(정우영·이현균, 2022; 홍순욱, 2024b; 손승표, 2022).

한편, 정보 비대칭이 큰 기업의 경우 타인자본비용이 높다. ESG 경영은 이러한 정보 비대칭을 해소하고 투자자 신뢰를 확보하여 타인자본비용을 낮춘다. 하지만 국내 해운업계는 아직 ESG 경영 수준이 미흡하여 투자자들과의 신뢰관계 형성에 어려움을 겪고 있다. 급변하는 경영 환경 속에서 해운기업들은 타인자본비용 절감 뿐만 아니라 지속가능한 성장을 위해 ESG 경영을 강화해야 한다. 이를 위해 폐쇄적인 업계 문화를 개방하고 자본시장 참여자들과 소통하는 등 이해관계자의 목소리에 귀를 기울여야 할 것이다(홍순욱, 2024).

V. 결론

해운산업이 직면한 탄소배출 감축 과제는 단순한 환경문제를 넘어, 인류의 지속가능한 미래를 위한 필수적인 도전이다. 이러한 흐름을 반영하듯 최근 해운산업의 ESG 경영과 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이에, 본 연구에서는 해운산업의 ESG 경영에서도 특히 탄소중립과 온실가스 감축에 관한 연구 동향을 살펴보기 위하여 2020년 1월부터 2024년 10월까지 발표된 국내 논문(KCI 등재지) 67편을 대상으로 빈도분석 및 TF-IDF 분석, 그리고 LDA 토픽 모델링을 활용하여 분석했다. LDA 토픽 모델링 분석

결과, '해운산업의 환경 규제 강화'와 이에 따른 대응으로 '선박 연료의 질적 향상 및 CCUS', '친환경 선박 전환 및 선박금융', 그리고 '해운산업의 ESG 경영을 위한 공시 및 평가'에 관한 주제가 활발하게 연구되고 있음을 알 수 있었다.

도출된 토픽을 토대로 지속가능한 해운산업 발전을 위한 제언은 다음과 같다. 먼저, IMO의 강화된 환경 규제는 해운산업의 친환경 에너지로의 전환과 혁신을 촉진하고 있으며, 이에 대한 적극적인 대응은 기업의 경쟁력 강화뿐만 아니라 글로벌 공동체의 지속가능한 발전에 기여함을 알 수 있다. 이러한 환경 규제에 대응하기 위해 친환경 연료 개발, 스마트 선박 기술 도입, 그리고 탄소 포집 및 저장 기술과 같은 미래 지향적인 투자는 해운산업의 지속가능한 성장을 위해 이제 선택이 아니라 필수이다.

한편, 기후변화 대응을 위한 국제 해운의 친환경 전환이 가속화되면서, 선박금융의 중요성이 더욱 커지고 있다. IMO의 탄소배출 규제 강화와 고금리, 선가 상승 등 어려운 환경 속에서 선사들의 친환경 선박 발주에 어려움이 있기 때문이다. 그러나 해운산업의 지속가능한 전환을 위해서는 새로운 기술개발, 고가의 친환경 연료 사용, 관련 인프라 구축 등에 상당한 투자가 필요하다. 이에 각국 정부는 선사들의 비용 부담 때문에 친환경 투자를 주저하지 않도록 금융 지원을 확대하고 있으며, 앞으로 친환경 선박금융 상품이 다양해지고 접근성이 높아질 것으로 보인다.

또한, 해운기업은 ESG 경영을 통해 탄소중립 및 온실가스 감축을 통한 환경문제 해결에 기여하고, 지역사회 문제해결 및 사회적 가치창출을 위한 책임을 다하며, 투명한 경영 시스템을 구축해야 한다. 특히, ESG 정보 공시를 강화하고, 이해관계자와의 소통을 활성화하여 신뢰를 형성하는 것이 중요하다.

결론적으로, 해운산업의 온실가스 감축은 단순한 기업의 사회적 책임을 넘어, 인류의 번영과 지속가능한 발전을 위해 거시적인 관점에서 접근해야 할 시대적 과제이다. 이에, 모든 이해관계자들의 적극적인

참여와 협력을 통해 지속가능한 미래를 만들어 나갈 수 있을 것이다.

본 연구는 해운산업의 ESG 경영에서도 탄소중립과 온실가스 감축에 관한 연구 동향을 KCI 등재지에 한정하여 분석했다는 점에서 연구 결과를 일반화하는데 한계가 있다. 이러한 한계점에도 불구하고 IMO 탄소중립 정책에 따른 해운산업의 ESG 경영 전략에 관한 최신 연구 동향을 텍스트 마이닝 및 LDA 토픽 모델링 기법을 통해 객관적으로 분석했다는 점에서 의의가 있다. 향후 연구에서는 국내외에서 발간되는 보고서, SCI 등 해외저널을 함께 분석하여 일반성을 확보할 필요가 있을 것이다. 또한, 본 연구 결과를 바탕으로 국제 정책 비교 연구나 구체적인 기업 사례 연구 등을 수행하여 해운산업의 ESG 경영에 대한 실질적인 정책 수립과 기업 경영에 이바지할 수 있길 기대해본다.

참고문헌

- 곽동욱·박정양(2022), 온실가스 감축을 위한 IMO 초기전략에 대한 국내 해운업계의 인식에 관한 연구, 국제상학, 제37권 제2호, 115-133.
- 곽동욱(2023), IMO 선박 온실가스 감축 규제에 대한 국내 해운업계 대응의 해석적 구조 분석, 국제상학, 제38권 제2호, 93-109.
- 김보람·안영균(2021), IMO 온실가스 감축 조치의 국가별 영향평가 가이드라인 개발 연구, 해양환경안전학회지, 제27권 제2호, 286-294.
- 김영수(2023), ESG 경영이 해운물류기업의 경영성과에 미치는 영향: 조직문화의 매개효과, 한국항만경제학회지, 제39권 제3호, 75-90.
- 김은환(2023), 중국의 선박기인 온실가스 배출규제에 관한 법적 고찰, 강원법학, 제72권, 57-96.
- 박병인(2023), 물류 성과와 운송연계성의 매개 역할을 고려한 ESG 체계가 경제성과에 미치는 영향 분석, 한국항만경제학회지, 제39권 제4호, 163-190.
- 박찬균(2023.09.25), 이미 시작된 친환경 선박 시대 :글로벌 선박 발주량 LNG 추진선 50% 넘어, 투데이에너지.

- 배철수 · 양원재(2022), 계층분석법(AHP)을 이용한 친환경 선박 보급정책의 중요도 분석, 해양환경안전학회지, 제28권 제1호, 117-124.
- 삼일PwC경영연구원(2023), 신해양강국, 한국 해운업의 미래를 말한다: 해운업의 이해와 전략적 제언, Industry Insight.
- 서문성(2023), 지속가능 항만을 위한 항만기업의 ESG경영 전략에 관한 연구: 항만공사를 중심으로, 한국항만경제학회지, 제39권 제4호, 309-324.
- 손승표(2022), 해운물류 경쟁력 강화를 위한 ESG 경영에 관한 연구, e-비즈니스연구, 제23권 제6호, 341-351.
- 손예령(2022), ESG 시대, 기업의 환경 이슈에 관한 연구 동향 분석: LDA 토픽모델링 분석을 중심으로, 문화와융합, 제44권 제12호, 129-143.
- 손예령(2023a), “기업시민 기반의 환경 및 안전보전 이슈 대응”, ESG시대의 지속가능경영 기업시민(송호근 외 공저), 플랜비디자인.
- 손예령(2023b), 기업의 문화예술을 통한 ESG경영: 기업재단의 실천사례를 중심으로, 문화와융합, 제45권 제12호, 1393-1408.
- 신종범 · 윤용 · 선화 · 김현덕(2022), 우리나라 컨테이너터미널의 ESG 경영전략에 관한 연구, e-비즈니스연구, 제23권, 제3호, 291-307.
- 안순규 · 윤희성(2023), 지속가능전환 시기를 맞은 해양산업의 탄소거래 및 해양금융 생태계 구축 연구, 한국항만경제학회지, 제39권 제4호, 107-125.
- 안준진(2023), 친환경선박 인증을 통한 해운금융 조달에 관한 고찰, 해운물류연구, 제39권 제1호, 19-42.
- 우창우 · 이종연(2020), LDA 토픽모델링을 통한 ICT분야 국가연구개발사업의 주요 연구토픽 및 동향 탐색, 한국융합학회논문지 11(7), 9-18.
- 이성엽 · 조맹익 · 강성길 · 허철(2023), IMO 온실가스 감축 조치 대응을 위한 선상 이산화탄소 포집기술의 필요성과 개발 방향에 대한 고찰, 한국해양환경 · 에너지학회지, 제26권 제4호, 336- 348.
- 이재곤(2020), 국제해사기구의 해상운송기인 온실가스 규제와 ‘공동이지만 차별적 책임’, 국제경제법연구, 제18권 제2호, 173-203.
- 이현균(2021), 해운 분야 탄소배출과 관련된 법률문제에 대한 검토, 한국해법학회지, 제43권 제2호 51-95.
- 임상섭 · 이병엽(2022), IMO GHG 규제에 따른 해운산업 비용 추정, 한국콘텐츠학회논문지, 제22권 제11호, 561 - 571.
- 정우영 · 이현균(2022), 해운기업의 ESG 경영에 관한 주요 동향과 시사점, 제44권 제3호, 51-104.
- 최대현 · 정충삼 · 장홍(2022), 기후변화에 따른 탄소중립(저감)규제가 항만에 미치는 영향에 관한 연구, 산업경제연구, 제35권 제6호, 1331-1352.
- 최병열(2021), 친환경선박법의 체계 및 조선소의 대응을 고려한 발전방향에 대한 고찰 - 수소법 등 친환경경법제와의 비교 검토, 한국해법학회지, 제43권 제2호, 325-352.
- 한철환(2024), 항만의 탈탄소 전환에 관한 연구: 장애요인과 해결방안을 중심으로, 한국항만경제학회지, 제40권 제2호, 137-155.
- 한국해사협력센터(2024), 탈탄소화 국제해사 동향, 제11호, 1-80.
- 홍순욱(2024a), 해운기업의 ESG 활동에 관한 연구, 한국항해항만학회, 제48권 제1호, 55-61.
- 홍순욱(2024b), 해운기업의 ESG 활동과 타인자본비용, 한국항해항만학회, 제48권 제3호, 200-205.
- Baeza-Yates, R. and Ribeiro-Neto, B.(1999), *Modern information retrieval*, New York: ACM Press.
- Cong, Z. and Shanyue, J.(2022), What Drives Sustainable Development of Enterprises? Focusing on ESG Management and Green Technology Innovation, *Sustainability*, 14(18), 1-20.
- IMO(2023), International Maritime Organization adopts revised strategy to reduce greenhouse gas emissions from international shipping.
- KR(2024.02.06), 해운분야 EU ETS 도입에 따른 초기 이행 지침
- Robertson, S.(2004), Understanding inverse document frequency: On theoretical arguments for IDF. *Journal of Documentation*, 60, 503-520.
- Salton, G. and Buckley, C.(1988), Term-weighting approaches in automatic text retrieval. *Information Process Management*, 24, 513-523.
- SFOC(2024), 대한민국 해운 부문 2050 탄소중립 경로 연구.
- Google Trends <https://trends.google.com>

IMO 온실가스 감축 정책에 따른 해운산업의 ESG 경영 전략에 관한 동향 분석: LDA 토픽모델링 분석을 중심으로

손예령

국문요약

IMO의 온실가스 감축 정책은 해운산업의 ESG 경영에 새로운 도전을 제시하고 있다. 본 연구는 IMO의 탄소중립 전략에 따른 해운기업의 ESG 경영 전략 동향을 분석하고 지속가능한 발전 방안을 모색하고자 한다. 이를 위해 2020년 1월부터 2024년 10월까지 발표된 KCI 등재 논문 67편을 텍스트 마이닝 및 LDA 토픽모델링 기법을 활용하여 분석하였다. 연구 결과, '해운산업의 환경 규제 강화', '선박 연료의 질적 향상 및 CCUS', '친환경 선박 전환 및 선박금융', 그리고 '해운산업의 ESG 경영을 위한 공시 및 평가'라는 네 가지 주요 토픽이 도출되었다.

IMO의 강화된 환경 규제는 해운기업들이 친환경 기술 도입과 탄소배출 감축을 통해 글로벌 경쟁력을 확보하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 특히, 친환경 연료 개발, 스마트 선박 기술 활용, 탄소 포집 및 저장 기술(CCUS)의 도입은 지속가능한 해운산업을 위한 핵심 과제로 부각되고 있다. 아울러, 선박금융의 중요성이 증가하면서 정부 및 금융기관의 지원이 기업의 친환경 선박 전환을 촉진하고 있다.

이에, 본 연구에서는 ESG 경영과 온실가스 감축 전략의 연구 동향을 체계적으로 분석하였으며, 이를 통해 해운산업의 지속가능한 발전과 글로벌 해운 환경문제 해결을 위한 시사점을 제시하였다.

주제어: 해운산업, 탄소중립, ESG, 온실가스 감축, 지속가능성