선박 대체연료 확산이 해운산업에 미치는 영향

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터
김대진 연구위원(moogi16@kdb.co.kr)

Ⅰ. 선박 대체연료 확산 배경
Ⅱ. 선박연료 현황
Ⅲ. 대체연료 부상이 해운산업에 미치는 영향
Ⅳ. 시사점

IMO(국제해사기구)는 2050년까지 온실가스(GHG) 감축 비중을 2008년 대비 50% 감축하기 위해 다양한 규제방안을 시행함으로써 해운기업은 질소산화물(NOx) 규제, 황산화물(SOx) 규제에 이어 탄소중립 혹은 무탄소 연료 사용을 검토하고 있다.

기존 해운기업은 전통적인 선박연료인 벙커유를 사용하다가 고유황유에서 저유황유로의 전환, 스크러버(Scrubber) 설치, LNG 추진선 발주 확대 등을 통해 환경규제에 대응해 왔으나, 온실가스 감축 규제가 더욱 확대됨에 따라 무탄소 연료인 수소, 전기, 바이오 등 대체연료로의 전환을 고려해야 하는 상황이다.

세계 각국은 대체연료 사용이 가능한 선박 개발, 무탄소 연료를 사용한 선박 운항을 검토하고 있으며, 주요 조선소와 선사들도 이에 발 맞추어 새로운 대체연료 적용 및 테스트에 발빠르게 나서고 있다. 특히 Maersk는 메탄올 추진선을 발주하는 등 새로운 대체연료 개발에 적극적으로 나서면서 자체투자를 통한 연료 조달을 추진하고 있다. 국적 선사들도 수소, 암모니아, 에탄올 등 대체연료 개발에 적극적으로 나서야 하는 상황이나, 2050년까지 여전히 30여년의 유예기간이 남아 있고, 무탄소 대체연료에 대한 명확한 방향성과 대안이 여전히 부재한 상황에서 국내 선사들은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대체연료 부상이 해운기업의 선박연료 구매처, 구매방식, 향후 운임에 대한 변화 등을 가져올 수 있는지 살펴보고 이를 위해 정책적, 금융적, 산업적 측면에서 고려해야 할 요인들을 도출함으로써 각각의 주체들이 대체연료 도입을 새로운 경쟁력 강화의 기회로 활용할 수 있길 바란다.

* 본고의 내용은 집필자 견해로 당행의 공식입장이 아님

Ⅰ. 선박 대체연료 확산 배경

1. 환경규제 강화

❑ IMO(국제해사기구)는 탄소중립화 흐름에 따라 온실가스(GHG) 감축 추진

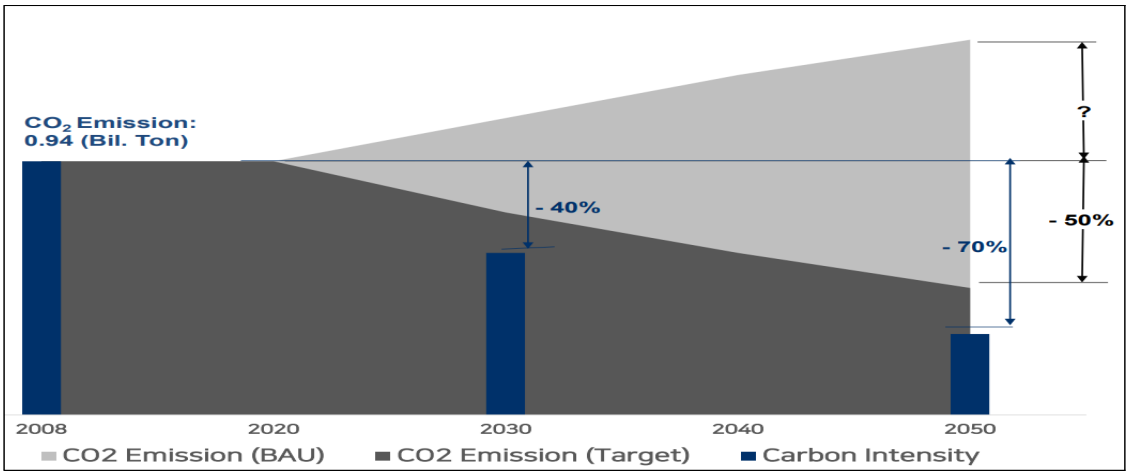
○ (GHG 배출규제) IMO는 해운산업 탄소집약도 감축 및 온실가스 배출량 감축 등 탄소중립화를 위한 다양한 규제 정책 추진[1)]

- **해운업**의 평균 **탄소집약도***를 2008년 대비 **2030년까지 40%, 2050년까지 70% 감축**

  * 탄소집약도(CI : Carbon Intensity)는 소비한 에너지에서 발생된 CO_2량을 총 에너지소비량으로 나눈 값으로 CI가 높을수록 탄소함유량이 높은 에너지 사용량이 많다는 것을 의미[2)]

- 해운업의 온실가스 배출량도 2008년 대비 2050년까지 50% 감축

〈그림 1〉 **IMO 온실가스 감축 전략**



자료 : IMO(2008)

1) IMO는 탄소감축을 위한 후보조치(Candidate Measures)로 단기조치(2018~2023) 13개, 중기조치(2023~2030) 5개, 장기조치(2030년 이후) 2개 등의 세부조치를 발표했으며 세부내용은 [붙임 1] 참조

2) 같은 열량의 에너지를 얻기 위해 석탄을 소비하는 것이 천연가스를 소비하는 것보다 탄소집약도가 높다는 것을 의미

❑ EU는 기존 제도 및 정책을 수정하는 'Fit for 55' 발표

❍ (주요 내용) 온실가스 관련 제도정비, 에너지 부문 목표수정, 연료관련 제도 정비 등 총 11개의 관련 법을 제정 또는 개정하고 1개의 신규제도를 제안

* 'Fit for 55'에서 주의 깊게 살펴봐야하는 부문은 **해상운송부문에 대한 EU ETS[3] 개정**과 **해상부문 연료 탈탄소화를 위한 ReFuelEU**임

- (해상운송부문) 5,000톤급 이상 대형선박으로부터의 온실가스 배출이 대상으로 **2023년부터 3년간 과도기**를 거쳐 **2026년부터 본격적으로 EU ETS 시행**
  · 유럽내 회원국간 항해에서 배출되는 온실가스 배출은 100% 포함, EU 역외 항해(외국에서 출발해 EU 역내로 들어오는 운항)로부터의 배출에는 50% 적용
- (연료탈탄소화) **선박 연료의 지속가능 연료[4] 혼합의무비율**을 **설정**하여 제시, **연료의 온실가스 함량 최대치** 등을 **규정**
  · 선박연료는 청정연료 활용을 확대해, 2050년까지 저탄소 연료가 선박연료 전체 믹스의 80% 이상을 구성
  · 유럽 역내 항구에 기항하는 선박이 사용하는 연료의 온실가스 최대 함량 제한 설정

〈표 1〉 ReFuelEU 이니셔티브 내 지속가능연료 의무혼합 비중

연도	2025	2030	2035	2040	2045	2050
항공유	2%	5%	20%	32%	38%	63%
선박유	2%	6%	13%	26%	59%	75%

자료 : European Commission(2021.7), "Questions and Answers-Sustainable transport, infrastructure and fuels" 내용을 연구자 수정

❍ (영향) EU의 해상운송부문에 대한 EU ETS적용과 선박 연료탈탄소화 등은 온실가스 배출량이 많은 해운기업에 비용부담으로 작용할 것으로 예상

- EU ETS는 EU 회원국간에 배출권 무상할당에 대한 이견이 있어 논의 지속
- 그린수소와 폐기물 기반 바이오 연료는 지속가능 연료로 인정받았으나, 곡물 기반 바이오 연료는 온실가스 감축잠재력 한계 및 식품부문과의 경쟁으로 지속가능성을 인정받지 못한 상황

3) EU ETS(European Union Emissions Trading Scheme)는 유럽연합 안의 이산화탄소 거대배출 기업간 배출권 거래 프로그램을 의미하며 유럽연합 배출권거래제도를 의미

4) 대표적인 지속가능 연료는 그린수소와 폐기물 기반 바이오 연료임

❑ 선박연료유에 대한 환경규제도 점차 강화

❍ (NOx 배출규제) 질소산화물(NOx)은 선박건조 시점을 기준으로 Tier별 배출 상한 적용

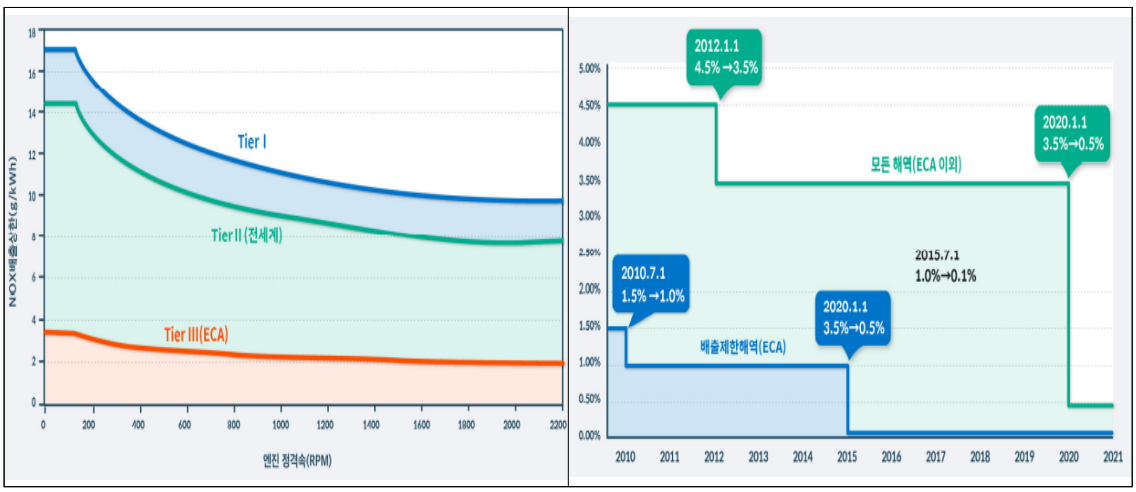
- 선박에 디젤엔진이 장착된 날짜를 기준으로 2000~2010년까지는 Tier I 기준, 2011~2015년까지는 Tier II 기준 적용
- 2016년 이후에 건조된 선박은 ECA* 이외의 지역을 운항하는 경우 Tier II 적용, ECA에서 운항하는 선박은 Tier III 기준 적용

  * ECA(Emission Control Area)는 오염물질 배출규제 해역

❍ (SOx 배출규제) IMO는 세계 모든 해역에서 선박용 연료의 황산화물(SOx) 함유량 상한을 제한하는 등 황산화물 규제 추진

- 2016년 10월 제 70차 해양환경보호위원회(MEPC)[5]에서 IMO는 선박연료유의 황 함유량 상한을 2020년 1월 1일부로 3.5%에서 0.5%로 강화하는 방안 확정
- 황산화물 배출규제는 신규 건조선박 외 현존하는 모든 선박에 적용

〈그림 2〉 **IMO의 SOx 및 NOx 배출규제 상한**



자료 : DieselNet(2021) 자료 : IMO(2008)

5) IMO(2016),"RESOLUTION MEPC.280(70)", MEPC 70/18/Add.1, Annex 6

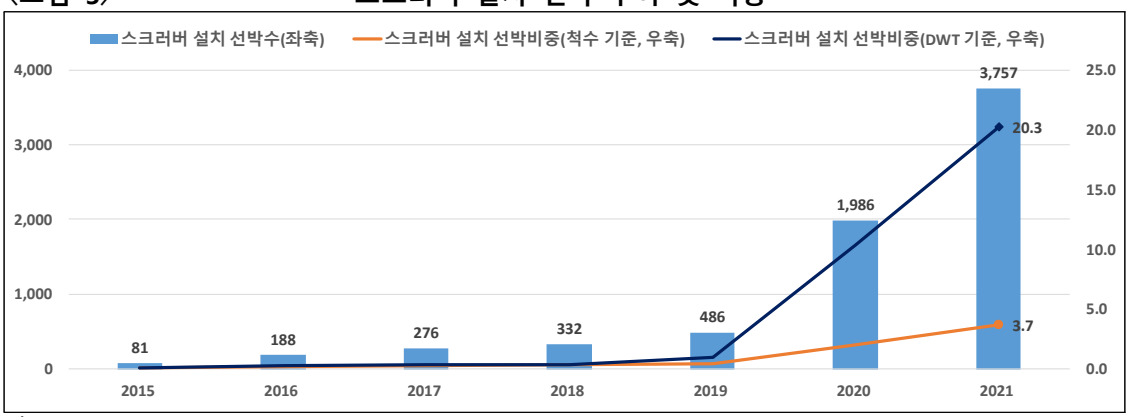
2. 해운기업 환경규제 대응

❑ **환경규제 강화에 따라 해운기업은 스크러버(Scrubber) 설치, LNG 추진선박 발주, 선박 연료유 교체 등의 다양한 형태로 대응**

○ (스크러버 설치) 기존 선박에 스크러버 설치 및 스크러버 설치 신조 선박으로 교체

- 스위스 금융기관인 UBS가 주요 선사들을 대상으로 환경규제 대응과 관련한 설문조사 결과 스크러버 설치를 원하는 선사는 전체의 30%로 나타남(2018)
  · 스크러버 설치 이유는 저유황유 가격상승 위험, 기존 연료유 시스템을 그대로 사용할 수 있는 점 등임
- 2021년 스크러버 설치선박수는 3,757척이며, 선박비중은 DWT 기준 20.3% 차지

〈그림 3〉 **스크러버 설치 선박 추이 및 비중**

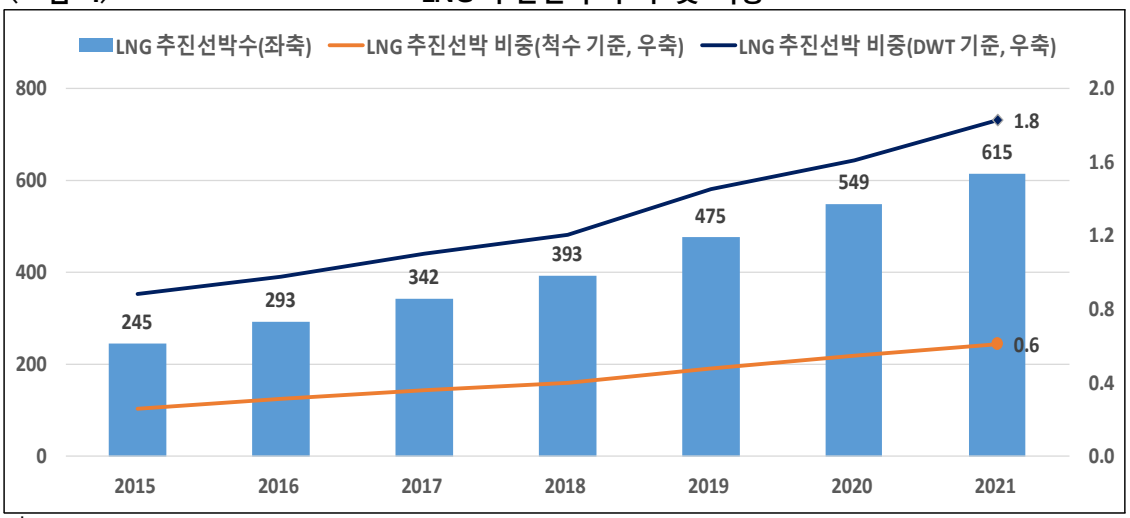


자료 : Clarkson(2022.2)

○ (LNG 추진선) 노후선박 폐선 후 신조 발주할 경우 LNG 추진선 선호

- World Refining Association이 선사를 대상으로 실시한 환경규제 관련 대응방안 설문조사 결과 LNG 추진선 24%, 저유황유 사용 67%로 나타남(2018)
- LNG 추진선박은 높은 투자 비용과 LNG 벙커링 인프라 부족 등으로 초기 관심은 낮았으나, 최근 LNG 벙커링 인프라 구축 및 LNG 가격하락 등으로 LNG 추진선박수 점차 증가
- 2021년 LNG 추진선박수는 615척이며, 척수기준은 0.6%로 나타남

〈그림 4〉 LNG 추진선박 추이 및 비중



자료 : Clarkson(2022.2)

○ (**선박연료유 교체**) 기존 벙커C유에서 황함유량을 낮춘 저유황유 사용, LPG, 암모니아, 수소 등 다양한 대체연료 검토

- 주요 선사들은 저유황유 사용 확대를 위한 정유사 및 원유트레이더 등과의 협력 강화, 저/무탄소 연료 이용 확대
- 수소, 바이오 연료, 메탄올, 암모니아 등 대체연료 도입 검토 중

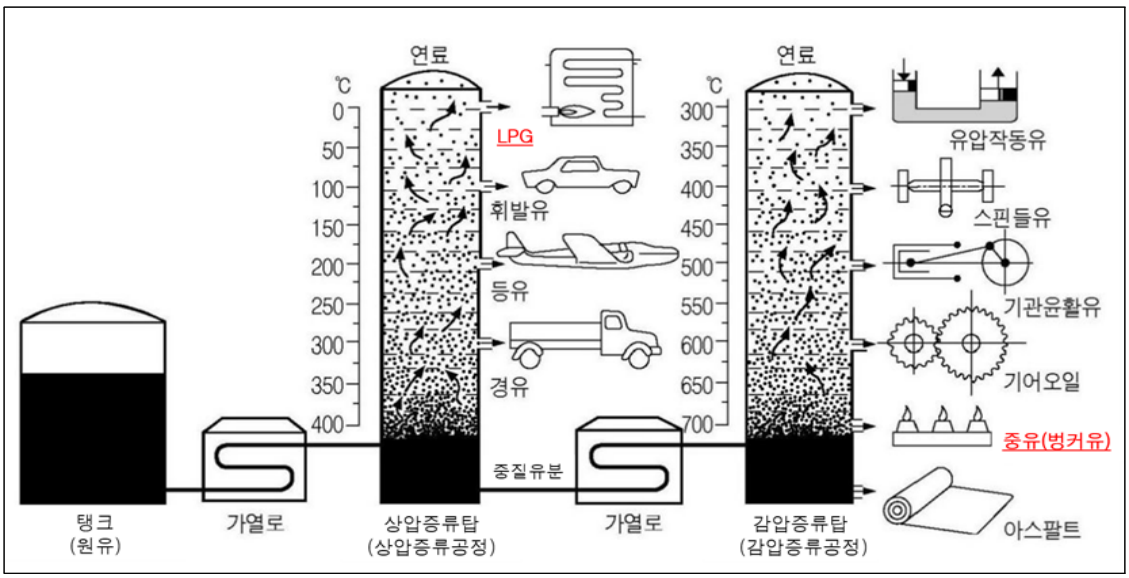
Ⅱ. 선박연료 현황

1. 선박연료 생산방식

❑ **선박연료는 석유에서 추출되는 전통적 사용연료인 벙커유와 LPG, 메탄올 등이 있으며 최근 그린수소, 전기, 바이오 연료 등 非석유 대체연료 등이 있음**

○ (전통적 사용연료 생산방식) 원유를 가열하여 상압증류탑에서 비등점(끓는점) 차이에 따라 LPG부터 중질유분까지 분리하고, 감압증류탑에서 같은 원리로 중질유분을 재처리하여 중유(벙커유) 생산

〈그림 5〉 **원유의 증류 공정 모식도**



자료 : 골든벨(2011),『최신자동차공학시리즈 1권 – 자동차 가솔린기관』

○ (벙커유 구분) 벙커유는 황함유량에 따라 다시 고유황유(HSFO)와 저유황유(VLSFO)로 구분되며 이외에도 저유황유인 선박용 경유(MGO) 등이 있음

- 벙커유는 점도가 매우 높아 선박이 처음 엔진 시동을 걸어 운항할 경우와 정박시 MGO를 사용

〈표 2〉 **벙커유 종류 및 황 함유량**

벙커유 종류	황 함량(%)
ULSFO(Ultra Low Sulphur Fuel Oil, 초저유황유)	최대 0.1%
VLSFO(Very Low Sulphur Fuel Oil, 저유황유)	최대 0.5%
HSFO(High Sulphur Fuel Oil, 고유황유)	1.0% 이상
MGO(Marine Gas Oil, 선박용 경유)	0.1~1.0%

주 : 선박용 경유는 선박이 정박시 디젤엔진을 가동하기 위해 사용하는 연료로 순도가 높고 저유황 연료이나 다른 연료에 비해 가격이 높음

자료 : Shell Marine(2019)

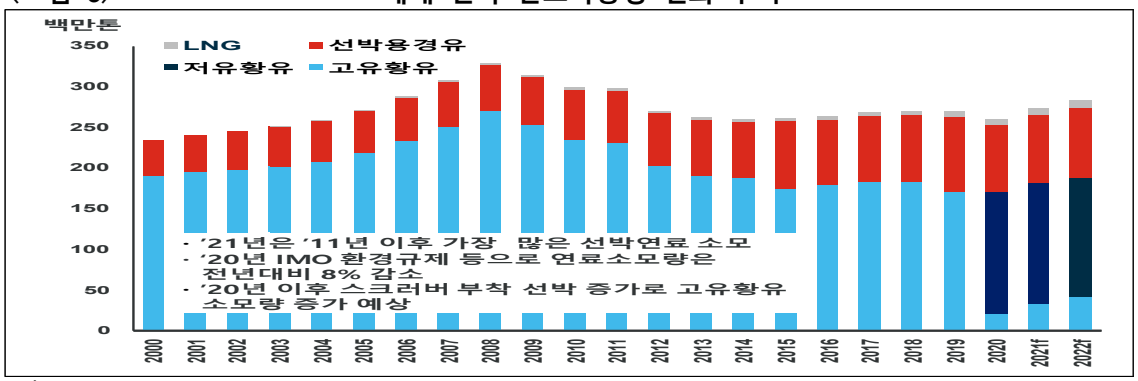
2. 선박연료 사용 현황

❑ 2020년 세계 선박연료유 소모량은 2억 6천만톤이며, 벙커유는 전체 선박연료의 95% 이상 차지

○ (세계) 2020년 IMO 황산화물 규제에 따라 황함유량이 3.5% 이상이었던 고유황유 대부분이 저유황유로 대체

- 선박용 경유는 가격이 고가이나 황함유량이 낮아 소모량은 증가 추세
- 2020년 고유황유 대부분이 저유황유로 대체되었으나, 스크러버 설치 선박 증가로 고유황유 소모량 점차 증가

〈그림 6〉 세계 선박 연료사용량 변화 추이



자료 : Clarkson(2021)

❑ 2020년 국내 선박연료유 소모량도 고유황유 감소, 저유황유 및 LNG 사용 증가[6)]

○ (국내) 2020년 국내 선박연료유 소모량은 **전년대비 12.3% 증가**, 세계 선박연료유 소모량의 1~2% 차지하는 것으로 추정

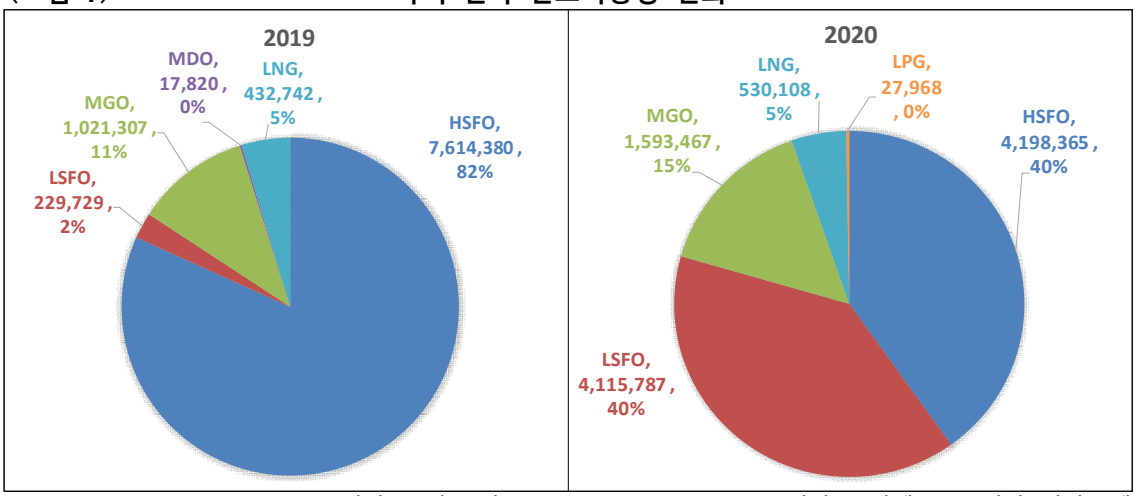
- 2019년 한국선급 입급 선박의 전체 연료사용량은 9,315,978MT이며 고유황유는 전체 선박연료유 비중의 82%(7,614,380MT) 차지

· 선박용 경유는 11%(1,021,307MT)이며 저유황유는 2%(229,729MT)에 불과

6) 국내 선박의 선박 연료유 사용량은 2019~2020년에 한국선급에 입급한 선박 기준

- 2020년 연료사용량은 10,465,695MT로 전년대비 12.3% 증가했으며 고유황유는 전체 선박연료유 비중의 40%(4,198,365MT)로 감소
  - 선박용 경유는 15%(1,593,467MT), 저유황유는 40%(4,115,787MT) 비중 차지
  * 선박용 경유는 국내에서도 환경규제와 함께 전년대비 증가 추세
- LNG는 2020년에도 **국내 연료유**의 **5%**를 차지, LPG 사용량은 매우 미미하나 처음으로 통계에 반영
  - LNG 추진 선박은 LNG 벙커링 및 급유 시설이 갖추어진 항만에서만 연료 급유를 받을 수 있어 연료확장에 한계가 있으나 국내에서도 LNG 벙커링 공급선 및 시설 확대 중

〈그림 7〉 **국적 선사 연료사용량 변화**

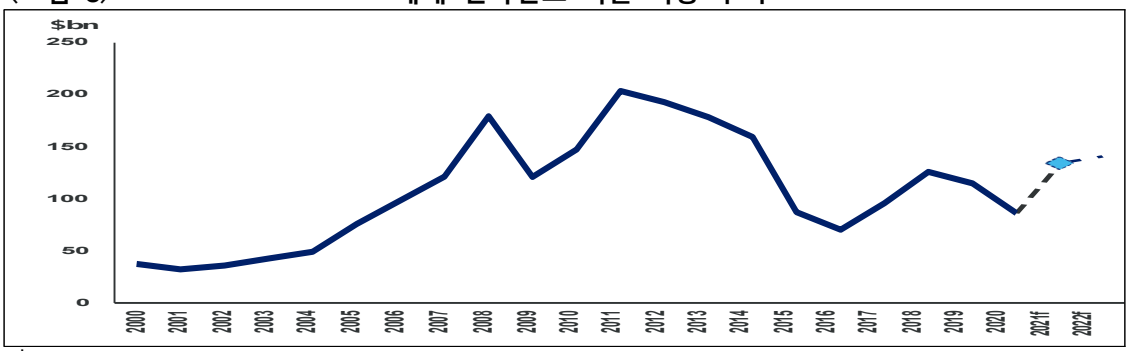


주 : MGO(Marine Gas Oil, 선박용 경유)와 MDO(Marine Diesel Oil, 선박용 디젤유)는 선박 정박중에 디젤엔진을 가동하기 위해 사용하며 순도가 상대적으로 높아 가격이 높은편
자료 : 한국선급(2021) 내부자료

❍ (연료비) 2020년 **세계 연료유 시장규모**는 **860억 달러**로 **2019년 대비 25% 감소**
- 2018~2020년까지 최근 3년간 연평균 3% 감소
- 2020년 해운사가 고유황유에서 값비싼 저유황유로 연료유를 대체했음에도 불구하고 **유가하락에 따라** 지출한 **연료비용**은 **전년대비 감소**

* **2021년에는 유가상승, 선대 증가, 공급망 교란에 따른 컨테이너와 벌크선의 운항속도 증가 등으로 운임은 전년대비 55% 증가한 1,340억 달러 예상**

〈그림 8〉 세계 선박연료 지출 비용 추이



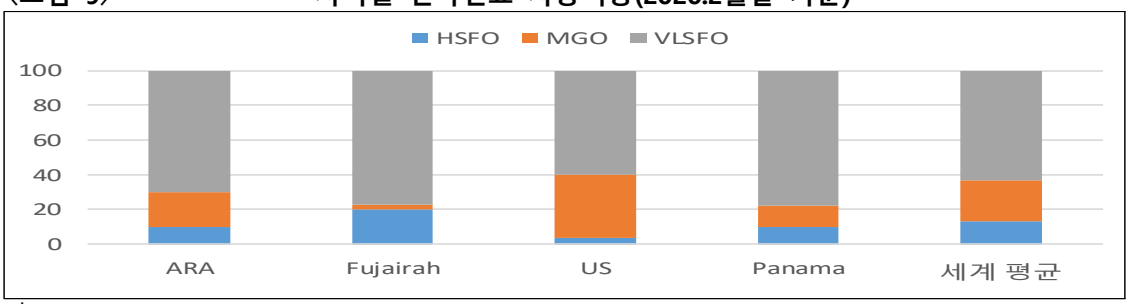
자료 : Clarkson(2021)

❑ **지역별로는 중동 및 파나마 지역의 고유황유 소모량이 많았으며, 유럽과 미국 등은 저유황유 소모량이 많은 것으로 나타남**

○ (지역별) 세계 항만에서 소모한 고유황유 비중은 평균 13% 수준이며, UAE의 Fujairah 항만 고유황유 소모비중은 20%를 차지하여 가장 높은 것으로 나타남

- 유럽의 ARA(Amsterdam-Rotterdam-Antwerp) 항만은 10% 수준, 미국 항만은 5% 수준으로 나타남

〈그림 9〉 지역별 선박연료 사용비중(2020.2월말 기준)



자료 : IHS Markit(2020)

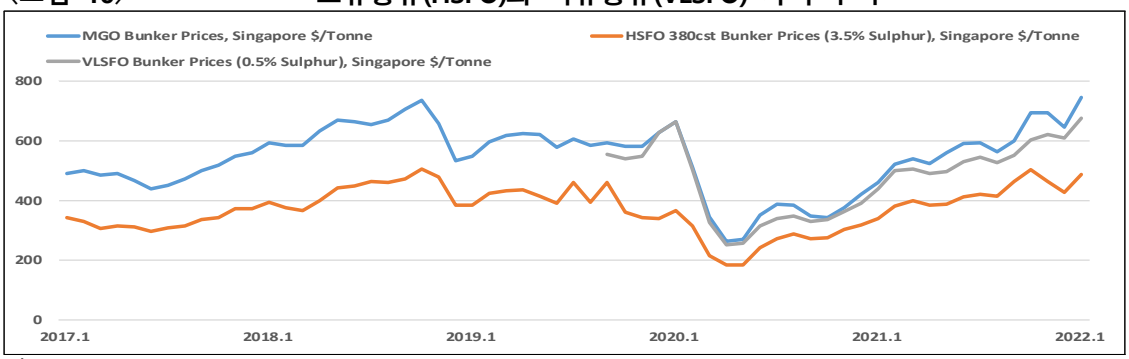
❑ **IMO의 황산화물(SOx) 규제 강화에 따라 주요 선사는 2020년부터 저유황유 사용을 확대하면서 저유황유 가격 상승 추세**

○ (가격) 2020년 VLSFO과 HSFO 가격차이는 100달러/톤 내외였으나, 최근 고유황유 수요 증가, **정유사의 차량용/발전용 저유황유 생산 증가로 가격차는 점차 확대**

- 주요 선사들은 황산화물(SOx) 환경규제가 발효된 2020.1월부터 스크러버 장착 선박을 제외한 기존 선박들이 저유황유 사용으로 전환
- 저유황유에 비해 가격은 높지만 황함유량이 낮은 MGO 사용량 꾸준히 증가

* **저유황유 가격 상승**하는 **이유**는 **정유사들이** 원유를 선박연료유 형태인 중유(벙커유)로 파는것보다 **정제**하여 **순도높은 휘발유 등으로 파는 것이 유리**

〈그림 10〉 **고유황유(HSFO)와 저유황유(VLSFO) 가격 추이**

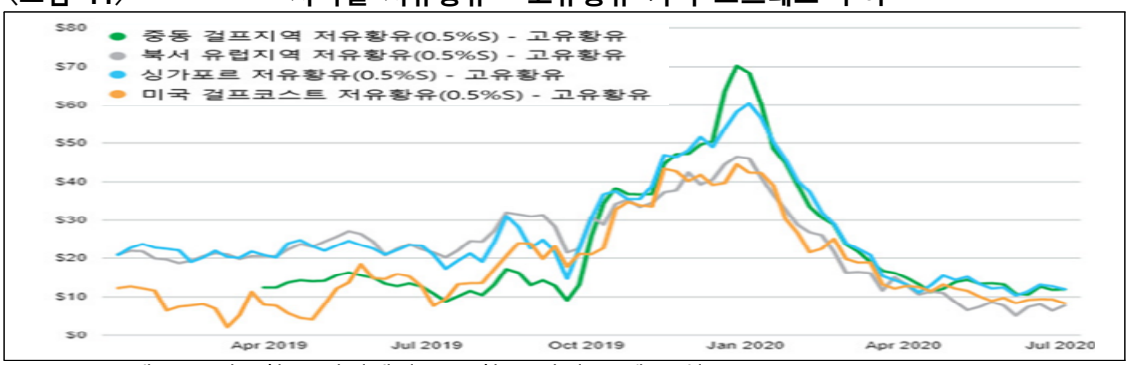


자료 : Clarkson(2022.2)

○ (지역별 스프레드) 고유황유와 저유황유에 대한 지역별 가격 격차는 2020년 초에 크게 나타났으나, 향후 점차 하락 추세

- 2020년 초 중동과 미국 걸프지역 가격 스프레드는 톤당 30달러로 확대, 이후 하락
  · 스프레드가 확대된 이유는 향후 저유황유 공급 부족 우려, 가격 급등 가능성, 연료 품질 규제 이슈 등이 주요 원인

〈그림 11〉 **지역별 저유황유 - 고유황유 가격 스프레드 추이**



주 : 스프레드는 저유황유 가격에서 고유황유 가격을 뺀 수치
자료 : IHS Markit(2020), IMO 2020 Data Transition Viewer

3. 선박연료의 변화와 대응

❑ 현재 사용/기술개발중인 대체연료 대부분은 해결해야 할 다양한 문제점에 직면

❍ 가격 대비 경제성이 부족하거나, 기술적 혹은 연료공급의 안정성 등이 문제

〈표 3〉 **현재 사용 혹은 기술개발중인 선박연료별 장단점**

선박연료	주요 내용	장점	단점	경제성[1]
벙커유	· 전통적인 선박의 표준연료	· 적용 용이, 연료효율성 높음	· 온실가스, 미세먼지, 황 등 오염물질 배출	1
LNG	· LNG 추진엔진 및 연료저장 공간 필요	· 기존 선박연료 대비 대기오염 물질 배출 ↓	· LNG 벙커링 인프라 시설 부족	3.3
LPG	· LPG 추진엔진 필요	· 기존 선박연료 대비 대기오염 물질 배출 ↓	· 해양연료로서 LPG의 높은 가격	-
메탄올 (Methanol)	· Dual-fuel Oil/methanol 엔진 필요	· LNG 대비 수송 및 저장 용이[2]	· 에너지 밀도가 낮아 연료효율성 낮음	3.2
바이오 (Biofuels)	· 기존 선박 연료 계통 장치와 연료탱크 사용	· 저장 및 운송 측면에서 가장 우수	· 바이오 매스 연료 생산을 위한 대규모 설비투자 필요 · 과다 이용시 식량과 경합	5.7
수소 (Hydrogen)	· 무탄소 연료	· 재생에너지를 이용한 수전해[3]로 바로 생산 가능	· 생산된 수소 대량저장을 위한 –235℃ 액화 필요 · 운송/저장 큰 비용 발생	9.5
암모니아 (Ammonia)	· 수소(H_2)+질소(N_2) 합성	· 수소 대비 저장 용이	· 독성과 부식성 가지고 있어 안정성 확보 필요 · 일반연료 대비 점화 어려움	6.5
전기 (Batteries)	· 고전압을 이용한 배터리 충전 및 이용	· 소형 페리 등에 운영중	· 화물저장 공간 축소 · 배터리 크기로 장기항해 및 대형선박 이용 제한	-
합성메탄 (Synthetic Methane)	· 재생에너지 등에서 추출하여 산소와 결합하여 생산	· 저탄소 연료인 LNG 추진선박에서 사용 가능	· 비용이 높고 연료효율성 낮음	-
원자력 (Nuclear)	· 소형원자로 이용	· 높은 출력과 오염물질 배출 최소	· 원자력 폐기물 생산, 사용에 대한 리스크 ↑	-

주 : 1) 경제성은 현재 벙커유 가격을 1로 가정할 경우 상대 비교를 의미하며 일부 선박연료는 정확한 가격측정이 불가하여 제외
2) 상대적 탱커크기(기존연료대비) : 메탄올 2.3배, 암모니아 4.1배, 수소 7.6배
3) 물을 전기분해하는 과정을 거쳐 수소를 생산해내는 방법

자료 : 관계부처합동(2020), 2030 한국형 친환경선박 추진선박 및 Clarkson(2021) 자료를 바탕으로 연구자 작성

❑ **IMO와 EU의 환경규제로 대체연료가 부상함에 따라 세계 각국은 친환경 선박 개발, 해운기업은 대체연료 추진선 발주, 글로벌 조선소도 대체연료 추진선 R&D 확대**

○ (국가별) 세계 주요국은 대체연료와 관련하여 국가차원의 선박 개발 계획 수립 및 R&D 추진중

〈표 4〉 **세계 주요국 친환경 및 대체연료 선박 개발현황**

국가	현황
EU	ㅇ 유럽 최대 R&D 지원 프로그램인 '**Horizon 2020***'을 통해 친환경 선박 기술개발 투자 * GHG 감축을 위한 미래형 11개 선박(연료전지, 액화수소 등)에 대한 현존 기술적 수단 평가
미국	ㅇ '해양환경 및 기술 지원(META, Maritime Environment & Technology Assistance)' 프로그램*을 통해 연구 지원('16~), **에너지부(DOE)**는 **바이오 연료 전환과정 신기술 개발에 3,500만 달러 지원**('21.5~) * 수소연료전지(4.8MW급), 내륙수로 LNG 선박, 전기추진 선박 등 기술개발 지원
일본	ㅇ 'I-shipping*'과 'J-ocean**'사업을 통해 친환경 선박 기술개발 지원('16~) * 신선형 개발 및 최적 설계 기술개발, 선박 건조 및 운항 생산성 향상 연구 등 지원 ** FLNG(부유식 LNG 벙커링), LNG 기자재 등 해양산업 기술 개발 지원
중국	ㅇ 제조업 활성화를 위해 30년 계획인 '**중국제조 2025**'정책을 공표('15~)하고, 스마트 선박 개발 행동계획('18~), 양쯔강 경제벨트 선박 항만이용 추진에 관한 통지('21~)* 등 * **21만톤의 LNG 동력 벌크선, 메탄올 동력 이중연료 MR형 유조선 양산** 등 추진
한국	ㅇ 산업통상자원부, 해양수산부 등을 중심으로 IMO 환경규제 대응을 위한 친환경 선박 기술개발 R&D 지원 * (산업부) 조선해양산업 핵심기술 개발사업, 친환경수소연료 선박 R&D플랫폼 구축사업 등 (해수부) 수소선박 안전기준개발 사업, IMO 선박 국제규제 선도기술 개발 등

자료 : 비상경제중앙대책본부(2020.12), "2030 한국형 친환경선박 추진전략 내용"을 참고로 연구자 수정

○ (해운기업) 글로벌 선사인 MSC는 기존 선박의 LNG 추진선박 전환을 추진하고, Maersk는 메탄올 추진선박을 발주하는 등 대체연료 추진선에 대한 관심 증대

- MSC는 선대의 탈탄소화를 위해 중국 조선소에 발주한 24,000TEU 컨테이너선박 40여척을 LNG 이중추진 선박으로 전환할 계획 발표(2021.5)
  · 싱가포르 선사인 EPS로부터 2023년까지 인도예정으로 15,300TEU LNG 추진 컨테이너선에 대한 용선 계약 체결(2021.6)
- Maersk는 16,000TEU 메탄올 추진 컨테이너선박 8척을 현대중공업에 발주(2021.8)
  · 동사는 덴마크 REintegrate사와 메탄올 확보계약을 체결하여 매년 선박이 사용하는 약 1만톤의 e-메탄올[7] 생산을 발표함(2021.9)
- 이외에도 CMA-CGM은 7,000TEU급 컨테이너 LNG 추진선박 4척을 삼성중공업에 발주하여 2024년 12월까지 인도받기로 하는 등(2022.3) 신조발주 확대

7) e-메탄올은 그린수소와 포집된 이산화탄소를 합성하여 생산하기 때문에 대표적인 탄소중립연료

○ (조선소) 국내 대형3사는 저탄소인 메탄올, 무탄소인 암모니아, 수소연료 추진 선박 등 대체연료 선박에 대한 R&D 강화

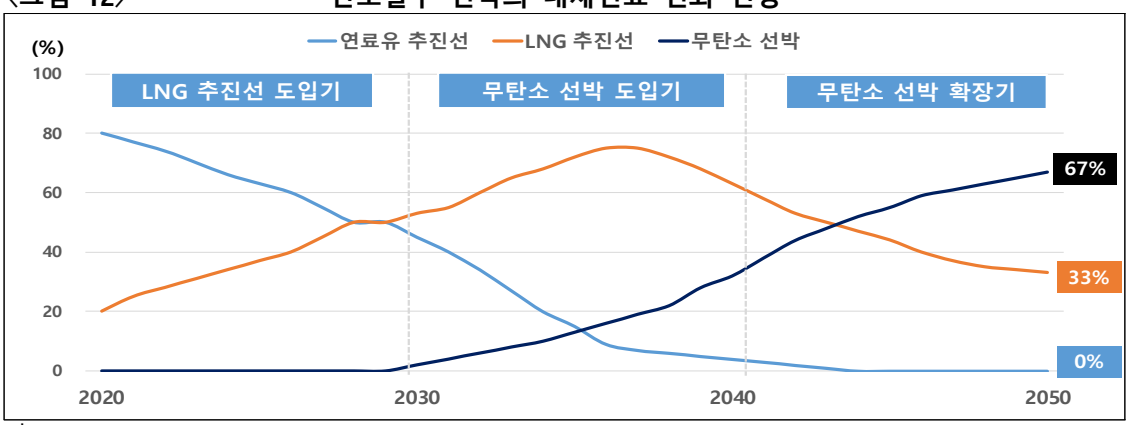
〈표 5〉 **세계 주요 조선소 친환경 및 대체연료 선박 R&D 현황**

조선소	현황
한국조선해양 (한국)	ㅇ 메탄올을 이중연료로 하는 초대형 선박 세계 최초 수주 및 무탄소 선박인 암모니아, 수소연료 추진 선박 기술 개발중 - '21년 9월, 암모니아 연료공급시스템에 대한 개념설계 기본인증을 한국선급(KR)으로부터 획득, '24년 상용화 목표 - 현대중공업그룹이 '수소드림 2030로드맵' 발표, 그룹 차원의 수소 밸류체인 구축과 함께 현대중공업 주도로 수소연료 선박 기술개발 추진
삼성중공업 (한국)	ㅇ 노르웨이선급(DNV), 로이드선급(LR) 등으로부터 '암모니아 Ready 초대형 원유운반선', '암모니아 추진 11만톤 탱커'의 기본설계에 관한 기본인증 획득 - 암모니아 연료공급 시스템 개발, 상세 설계 등을 거쳐 '24년 상용화 목표
대우조선해양 (한국)	ㅇ 암모니아 Ready LNG 이중연료 추진 컨테이너선 및 초대형 원유원반선 로이드선급(LR) 기본인증 획득, '25년 상용화 목표 - 암모니아 연료를 주입할 수 있는 벙커링 선박 설계중
후동중화 (중국)	ㅇ 중국 조선소 중 유일하게 대형 LNG 선박을 제조할 수 있는 조선소로 LNG 선박 관련 기자재 업체 확대 등 공급사슬 확충 주력 - 향후 대형 LNG 추진선박 수주 확대 및 LNG 산업 발전 견인 주도
이마바리조선 (일본)	ㅇ 일본 유나이티드 조선과 합작 투자계약을 체결('20.3)하고 상선의 판매 및 설계를 공동으로 통합하는 합작사를 설립하는 등 수주물량 확대 및 비용절감 모색 - 한국, 중국 조선소에 비해 대체연료 추진 선박 기술 R&D에 소극적인 모습

자료 : 언론사 발표자료, KOTRA 해외시장 뉴스 등을 참고로 연구자 작성

○ (신조선 변화) 벙커C유 선박 → 저탄소 선박 → 무탄소 선박 등으로 확대 전망
- 저탄소 선박(LNG 추진선 등) 발주 증가, 무탄소 선박에 대한 기술개발 진행중

〈그림 12〉 **신조발주 선박의 대체연료 변화 전망**



자료 : Clarkson(2019)

Ⅲ. 대체연료 부상이 해운산업에 미치는 영향

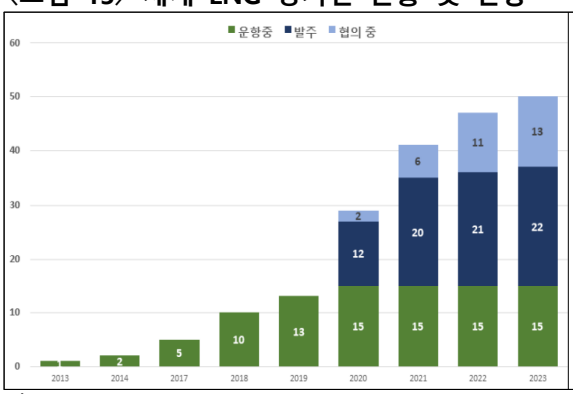
1. 해운기업 선박연료 구매처 변화

❑ **(급유항만 변화) 싱가포르, 로테르담 등 선박기항이 빈번하고 연료유 가격이 저렴한 항만에서 안정적인 대체연료 공급이 가능한 항만으로 구입처 변화 예상**

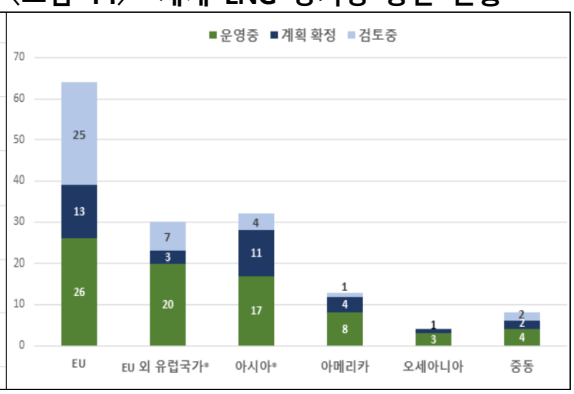
○ 대체연료 확산에 따라 안정적인 대체연료 확보가 가능한 항만으로 연료 공급처 변화

- 해운기업은 싱가포르, 로테르담 등에서 장기계약을 통해 연료유를 공급받아 왔음
- 대체연료 확산에 따라 LNG 등 선박대체연료 공급 시설이 갖추어진 항만에서 공급받는 형태로 변화
  · 유럽은 전세계에서 가장 많은 LNG 벙커링 항만을 운영하고 있으며 확대중

〈그림 13〉 세계 LNG 벙커선 현황 및 전망



〈그림 14〉 세계 LNG 벙커링 항만 현황



자료 : DNV GL(2022), “Alternative Fuels Insight”

❑ **(새로운 공급자 등장) 덴마크 REintegrate사와 같이 국가 혹은 지역내의 대체연료 업체들이 새로운 선박연료 공급자로 부상**

○ 덴마크 REintegrate사는 Maersk에 연간 1만톤의 메탄올을 공급하기로 하는 등 새로운 대체연료와 선사간의 협력 확대

2. 해운기업 선박연료 구매방법 변화

❑ 대형 선사들은 정유사 혹은 원유트레이더를 통해 장기계약을 통한 안정적 연료유 공급이 가능했으나, 대체연료 확대에 따른 장기계약 축소 및 Spot 거래 확대

❍ 대형선사들은 장기계약을 통한 안정적 연료유 공급 확보, 중·소형 선사들은 Spot 가격으로 연료유를 공급받고 있음

- 대형선사들은 높은 신용등급과 연간 사용되는 연료유 Volume에 따라 저렴한 장기계약으로 연료유 공급계약 체결
- 중·소형 선사들은 낮은 신용등급과 Volume 이 소량으로 원유트레이더를 통해 보관 및 수송비용이 포함된 Spot 가격으로 연료유 공급을 받는 경우가 대다수

❍ 수소, 바이오 등 대체연료 비중이 확대될 경우 정유사들은 벙커유 생산량을 축소할 가능성이 높음

- 정유사에게 벙커유는 전체 상품에서 비중이 1~3% 미만에 불과하며, 원유가격 상승시 상대적으로 가격이 저렴한 벙커유는 고도화 설비를 통해 휘발유나 경유로 전환하여 판매하는 것이 유리
- 대체연료 비중이 점차 확산될 경우 생산비중이 낮고 마진이 높지 않은 벙커유 생산을 줄이고 LPG, 휘발유 등 고부가가치 상품에 집중할 수 있음

❑ 중·소형 선사들은 연료유 확보가 어려워지고 벙커유 가격 상승 우려 확대

❍ 정유사들이 벙커유 생산량을 축소할 경우 규모의 경제를 가지고 있는 대형선사들을 중심으로 연료유 공급 집중

- 정유사와 대형트레이더 등은 벙커유 생산 및 보유 물량이 축소될 경우 장기계약보다는 단기 Spot 판매에 집중할 가능성이 높음
  - · 정유사와 대형트레이더 등은 벙커유 공급 이후 대금 회수를 30일 혹은 60일 후 결제를 받고 있는 상황에서 물량 축소시 신용등급이 높고 믿을 수 있는 신뢰관계를 가진 대형 선사들과 거래를 선호
- 중소형 선사들은 가격 상승 및 벙커유 물량 확보의 어려움이라는 이중고에 직면할 가능성 높음

3. 대체연료 추진 선박발주시 화주에 대한 운임 전가 확대

❑ 대체연료 사용에 따른 선박의 연료가격 상승은 선사들의 비용압력으로 작용하면서 화주에 대한 운임 전가 확대

❍ 최근 우크라이나 전쟁으로 인한 벙커유 가격 급등으로 저유황유(VLSFO)는 1,015달러까지 올라가는 등 폭등세(2022.3.9)

- 미국과 유럽 등 세계 각국이 우크라이나를 침공한 러시아에 경제제재를 취하면서 공급불안 확산
- 유가는 북해산 브렌트유와 두바이유 모두 130달러선까지 급등

❍ 유가의 급등으로 인한 선사들의 비용부담 증가로 글로벌 선사들은 저유황유할증료(LSS)* 인상

* **저유황유할증료(Low Sulphur Surcharge)는 IMO 황산화물 규제에 따라 황함유량이 낮은 저유황유를 사용함으로써 발생하는 비용을 화주에게 청구**

- 국적선사들도 항로별로 최소 15달러에서 최대 210달러까지 LSS를 인상하는 등 저유황유할증료 인상 확대

❍ 향후 대체연료 사용에 따른 연료비 상승을 선사들은 비용으로 인식하면서 화주에게 비용을 전가할 경우 화주와의 운임분쟁 우려 확대

- 선박연료유 가격상승으로 운항원가가 상승했을 때 선사는 이를 운임에 반영하게 되며 이를 유류할증료(BAF : Bunker Adjustment Factor)라고 함
- 선사들은 대체연료 사용에 따른 연료비 가격상승을 저유황유할증료(LSS)와 같은 형태로 화주에게 청구하게 될 것이며 향후 화주와의 화물운송계약시 누가 부담할 것인지가 중요한 이슈가 될 것임

※ 과거 사례를 살펴보면 해운시장의 과당경쟁 등으로 선박연료유 가격 인상분은 화주에게 전가되지 않거나, 유류할증료가 유가와 연동되는 floating rate가 아닌 한번 결정되면 일정기간 유지되는 fixed rate로 적용되는 경우가 많아 대체연료 사용시에도 연료유 가격인상분을 모두 보전받기는 어려울 전망

Ⅳ. 시사점

1. (정책) 선박 대체연료 R&D 및 테스트를 위한 산·학·연 협의체 구성 필요

❑ **선박 대체연료 문제는 단순한 해운산업의 문제가 아닌 국가 차원의 먹거리 개발 및 향후 미래 신시장 판도를 주도하게 될 핵심 사업**

❍ 정부는 2020년말 그린뉴딜과의 연계를 통한 선박배출 온실가스 감축 및 친환경 신시장 창출을『2030 그린쉽(Green Ship)-K』로 명명

- 제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획('21~'30)을 2020년 발표하는 등 친환경 선박 기술개발 및 보급 정책을 수립·추진
- 친환경선박의 개발 및 보급을 촉진하기 위한 기본계획을 5년마다 산자부와 해수부 공동으로 수립하고 발표

❍ **미래 친환경 선박 대체연료 발전협의회 등을 구성**하여 학계, 연구기관, 조선소, 선사, 기자재 업체 등이 참여하는 **통합 협의체 필요**

- 학계 및 연구기관은 국내외 대체연료 기술 동향 및 전망 등에 대한 자료 수집
- 조선소, 선사는 현재 대체연료를 활용한 R&D 기술 개발 현황 및 경쟁기관들의 동향 등을 파악하여 공유
- 기자재 업체는 대체연료를 이용한 추진 시스템에 소요되는 기자재 현황 파악 및 소재 개발

❑ **국내 해운사와 조선소간의 협력으로만 향후 최적의 대체연료를 찾는 것은 매우 어려운 상황으로 적극적인 방향성 제시 필요**

❍ 대체연료 선정 및 대체연료 추진선박의 개발은 막대한 투자와 중·장기적인 계획 수립 및 각 주체별 역할 분담 등이 명확하게 분배 필요

- 최근 2년여 동안 국적 해운사 등은 운임 상승 등으로 수익성이 크게 개선되었으나, 2008년 금융위기 이후 10여년간 구조조정 및 재무적 어려움으로 대체연료 개발에 대한 신규투자의 여유가 없는 상황

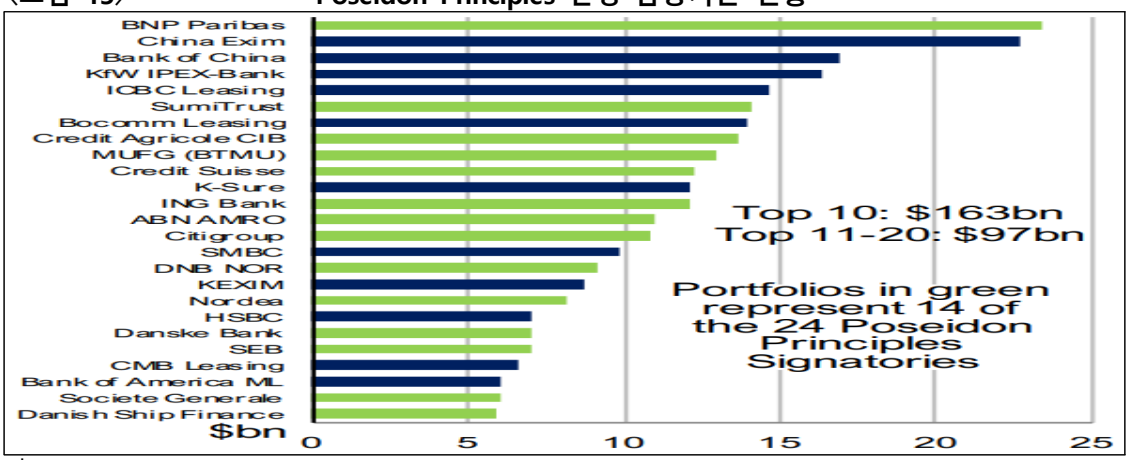
- 국내 조선소도 저가수주에 따른 재무적 부담 등으로 중소형 조선소 구조조정, 대형 조선소 합병 등 어려움을 겪었으며, 최근 수주량이 증가하고 있으나 수익성 개선으로 이어지기 위해서는 향후 1~2년간의 시간이 필요
  · 중소형 조선소 등은 대체연료 추진 선박 개발에 대응하지 못하고 있으며, 대형 조선사도 각사가 개별적으로 R&D 및 대응에 나서고 있어 조선업 전체의 역량 집중에 한계

2. (금융) ESG 경영강화 기조에 맞는 탄소중립 기술 유니콘 발굴 지원 및 연계 확대

❑ Poseidon Principles[8]에 따른 기후변화 요소를 고려한 해운 및 해사기업 지원

○ 글로벌 금융기관들은 해운분야 대출에 탄소저감 노력을 반영하는 Poseidon Principles을 적용하여 기업들의 신용등급 및 선박금융 등에 적극 적용
- 환경규제 강화에 따른 금융권의 ESG 도입이 점차 확대
- ABN AMRO 등 일부 은행들은 녹색관련 대출상품 개발 및 지속가능 연계 대출 확대

〈그림 15〉 **Poseidon Principles 반영 금융기관 현황**



자료 : Clarkson(2021.3), "Financial Markets"

8) Poseidon Principles는 금융기관이 해운업계에 대한 대출을 결정할 때 기후변화 변수를 고려하도록 한 원칙을 의미

❑ 대체연료 관련 유니콘 발굴 지원 및 연계 강화

❍ 탄소중립과 관련한 대체연료 기술, 관련 기자재 기업 등을 대상으로 만남의 기회를 제공하는 등 유니콘과 업체와의 연계 확대
- 국내외 대체연료 관련 기술을 가진 업체들을 초청하여 기술동향 세미나 및 해외기업과 국내기업과의 연계 확대
- 대체연료와 관련한 유망한 기술을 가진 유니콘에 대한 R&D 자금 지원 및 기술담보 대출 등도 고려

❍ 학계, 산업계, 조선소, 선사, 기자재 업체 등이 모두 모여 현재의 직면한 어려움을 함께 나누고 해결방안을 찾을 수 있는 다양한 만남의 기회를 On-line과 Off-line을 통해 제공
- 최근과 같이 코로나 19 확산이 지속되고 있는 상황에서는 Zoom 등 On-line을 통한 소통의 기회 제공
- 이후 관련 기관들이 함께 모여 정부 및 금융기관 등에 요구하는 다양한 요구사항 및 목소리 등을 분야별로 정리하여 관련 기관에 전달하는 등의 활동 필요

3. (산업) 대체연료 개발은 해운업, 조선업, 정유업, 에너지업 등 관련 산업의 핵심적인 경쟁력 강화 기회로 활용 필요

❑ 대체연료 도입은 정유산업과 해운산업에게는 위기, 조선소와 에너지산업에는 향후 미래먹거리 확보 및 새로운 투자처의 발굴 기회 등으로 나타날 수 있음

❍ 대체연료 도입 확대는 해운산업에 있어 위기이자 기회로 이를 경쟁력 강화의 기회로 삼는 것이 중요
- 관련 기관 공동으로 향후 주도적인 대체연료 기술 개발 및 대체연료 추진 선박 확보가 가능할 경우 국적선사 경쟁력은 크게 강화될 전망
- 반면, 해외 선사들의 선택을 지켜보고 향후 다수가 선택하는 대체연료를 선택하겠다는 소극적 선택은 국적 해운사들의 수익성 및 경쟁력을 약화 시킬 우려

❍ 정부주도의 대체연료 협의체 등에 적극적으로 참여하여 국내 조선소와 기자재 업체와의 협력 관계를 통한 주도적인 대체연료 기술 확보 필요

- 국내 대형 조선3사는 개별적인 대응보다는 정부주도의 협의체를 통한 역량 집중화를 통해 대체연료 추진엔진 기술 확보 및 국산화 주력
- 국내 기자재 업체들도 개발된 기술에 적용할 수 있는 다양한 국산 기자재 및 소재 개발 등에 집중하는 것이 필요

참고문헌

[국문자료]

골든벨 출판사(2011), 「최신자동차공학시리즈 1권 - 자동차 가솔린기관」
김민주, 김동구(2021), “EU ‘Fit for 55’패키지 초안의 주요 내용”, 에너지 경제연구원
김진형(2021), “Fit for 55-Maritime Sector”, 한국선급, 맥넷 2021 워킹그룹 세미나 발표자료
도현재, 이소영(2020), “국제 해사기구의 환경규제 강화에 따른 벙커링 산업 대응전략 연구”, 에너지경제연구원
비상경제중앙대책본부(2020), “한국형 친환경선박(Greenship-K) 추진 전략 - 제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획(‘21~’30)”
손인성, 김동구(2020), 「EU 배출권 거래제 4기의 핵심 설계 변화분석과 국내 배출권 거래제 3기에의 시사점」, 에너지 경제연구원
한국선급(2019), “친환경 미래 선박 연료 전망-선박연료로써의 암모니아”,
해양수산부(2021), “현존선 온실가스 감축규제 도입 및 준비사항”
해양한국(2008), “선박연료유 가격상승이 국내 해운산업에 미치는 영향과 대응방안”
Mac Net(2021), “2021 MacNet 전략세미나 III, 현존선 규제에 대한 K-Maritime 전략”
코리아쉬핑가제트(2019), “해운물류용어대사전”
코트라(2021.8), “글로벌 조선산업 전망 – 친환경 대체연료 선박산업의 발전”

[영문자료]

Carbon Brief(2021.7.14), “Q&A: How ‘Fit for 55 reforms will help EU meet its climate goals”,
Clarksons(https://www.sin.clakrson.net)
_____(2021), “Fuelling Translation”
_____(2021), “Finacial Market”
_____(2021), “2020 Annual Report-Smarter decisions. Powered by intelligence”
Dieselnet(https://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php#nox)
DNV GL(2022), “Alternative Fuels Insight”

European Commission(2021.7.14), “Questions and Answers-Sustainable transport, Infrastructure and fuels”

_____(2021.7.14), “Questions and Answers-Making our energy system fit for our climate targets”

IHS Markit(2020), “IMO 2020” - Unprecedented demand destruction muddies the waters.“

_____(2020), “Global Fundamentals Refinging and Marketing Price and Margin Long-Term Outlook.“

_____(2020), “IMO 2020 Data Transition Viewer“

IMO(2008), “RESOLUTION MEPC. 176(58)”, MARPOL Annex VI Regulatons 13

_____(2016), “RESOLUTION MEPC.280(70)”, MEPC 70/18/Add.1, Annex 6

_____(2021), “Reduction of GHG Emissions from Ships-Fourth IMO GHG Study 2020”

Shell Marine(2019), “IMO 2020 Ready”

[신문기사]

Korea Shipping Gazette(2022.3.11), “선박연료 가격 우크라이나 사태로 급등-1000$ 돌파”

Korea Shipping Gazette(2022.3.14), “기획/‘우크라이나 사태’ 해운물류조선시장 전방위 타격 우려”

Korea Shipping Gazette(2022.3.18), “프랑스 CMA CGM, 삼성중공업에 7,000TEU급 컨선 4척 발주”

Offshore Energy(2021.8.19), “Maersk secures fuel supply for 1st green methanol-fueled ship”

PaxNet(2020.12.10), “은행권, ‘포세이돈 원칙’ 적용 고심”

Shippers’Journal(2019.10.16), “IMO 2020규제에 따른 화주대상 저유황유 할증료 도입”

〈붙임 1〉 IMO 온실가스 감축을 위한 후보조치(Candidate Measures)

단기조치 (2018~2023)	1. EEDI 및 SEEMP에 중점을 둔 기존 에너지 효율 체계 개선 2. 기술적/운항적 에너지 효율 조치 개발 3. 현존선 개선 프로그램 개발 4. 최적속도 및 선박감속 조치의 분석 및 고려 5. 메탄 및 휘발성 유기화합물에 대한 처리방안 분석 및 고려 6. 지역적/일방적 조치의 방지를 고려한 국가행동계획 개발 및 최신화 장려 7. 지속적인 기술협력 및 역량 강화 8. 재생가능에너지원으로 해양/육상전원 공급, 저/무탄소 연료 공급 등 온실가스 저감 항만 개발 9. 선박추진기술, 저/무탄소 연료, 에너지 효율 향상을 위한 연구개발 활동 착수 10. 신기술을 개발하고 적용하는 선도자에 대한 인센티브 11. 모든 저/무탄소 연료 등에 관한 수명주기 온실가스 탄소집약도 가이드라인 개발 12. IMO의 대기오염물질 배출 저감을 위한 지속적인 노력에 대한 홍보 13. 추가적인 온실가스 배출량 조사(IMO GHG Study) 수행
중기조치 (2023~2030)	1. 저/무탄소 연료 이용확대를 위한 이행프로그램 2. 현존선 및 신조선의 운항적 에너지 효율 향상 조치 3. 시장기반조치(MBMs)를 포함한 새롭고 혁신적인 배출량 저감 매커니즘 4. 지속적인 기술협력 및 역량 강화 5. 정보 교환을 통한 모범 사례 공유가 가능한 피드백 메커니즘 개발
장기조치 (2030 이후)	1. 금세기 후반 탈탄소화 달성을 위한 무탄소/탈화석연료의 개발 및 공급 추구 2. 새롭고 혁신적인 배출량 저감 메커니즘 채택 장려

자료 : 한국선급(2021)