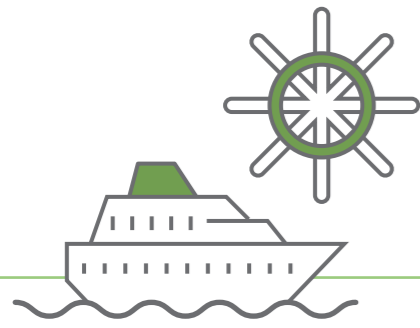


이제는 선박도 친환경 :

친환경 선박 기술과 지속가능한 북극항로

한국선급 그린쉽센터 _천 강우



- I. IMO 환경규제와 조선산업
- II. 글로벌 선박 시장 및 기술 동향
- III. 극지운항선박과 친환경 선박 기술
- IV. 우리나라의 대응 방향
- V. 미래 전망

필자는 국제해사기구(IMO; International Maritime Organization) 해양환경보호위원회(MEPC; Marine Environment Protection Committee)에서 선박에서 배출되는 대기오염 물질에 대한 규제 및 기술과 관련된 표준화 활동을 하면서, 북극지역의 해빙을 가속화 하는 Black Carbon(선박 엔진에서 배출되는 미세먼지의 일종으로, 눈·얼음 위에 떨어져서 얼을 흡수함으로써 해빙을 가속화)에 대한 연구를 수행한 경험이 있었다. 이러한 연구를 수행하며 북극항로 및 극지운항 선박에 대한 현황 및 문제점을 처음 접하게 되었다.

북극은 막대한 양의 석유와 천연가스가 보존된 블루오션으로서의 가치를 가지고 있고, 북극해를 가로지르는 북극항로를 상업용 항로로 이용할 경우의 경제적 효과 또한 막대할 것으로 기대되고 있다. 지난 10여 년간, 북극항로를 상업용(에너지 개발 및 화물 운송 등)으로 활용하기 위한 다양한 시도가 이루어져 왔다.

그럼에도 불구하고 최근 프랑스~사릉 해의 대형선사들은 북극항로 이용을 자제한다는 발표를 하고 있다. 북극 해빙의 속도와 규모가 늘어가는 상황에 깊은 유감을 표명하며 해양환경을 보호하기 위해 환경오염을 유발하는 오염물질 배출을 제한하는 방법을 강구하기 위한 노력할 것을 공표하고 있다.

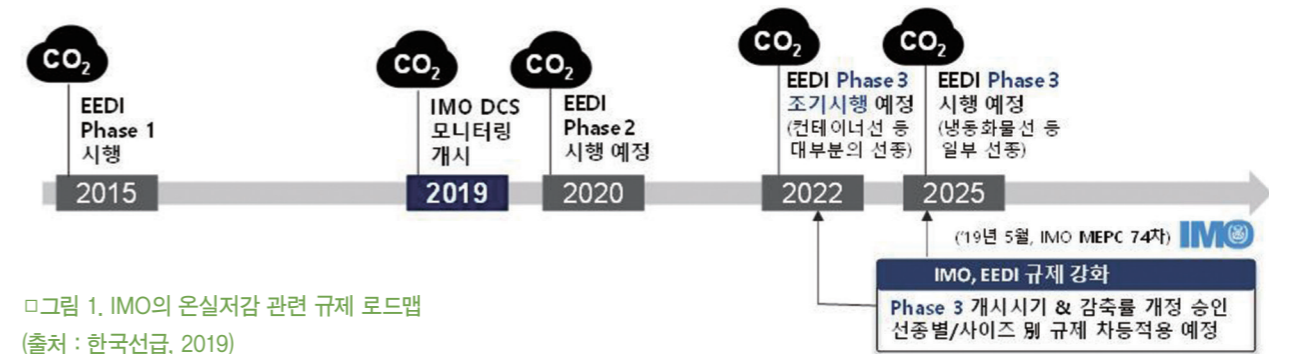
이러한 결정은 회사 차원의 지속가능한 친환경 전략과 상호보완적인 부분이 있다. 선박에서 배출되는 온실가스 및 대기오염물질과 운항 시 소음 및 유해도료, 유류사고 등은 북극지역의 환경을 보호해야 한다는 대명제에 반하는 일이다. 즉 지속가능한 북극항로는 친환경 선박의 건조 및 운항으로 구현될 것으로 기대하고 있다.

I. IMO 환경규제와 조선산업

최근 극지해역 운항 선박의 증가로 해상 안전 및 해양 오염 방지를 위한 선박 안전규정 제정의 필요성이 증대됨에 따라, IMO에서는 극지해역 운항선박을 위한 지침서 개발에 이어 극지해역 운항선박 안전, 수색 및 구조 환경 대응, 선원 훈련 및 능력, 환경보호 등의 관련 규정을 개발하였다. 하지만 증가되는 해양경제 발전에 해양 환경의 악화라는 제약요소가 발생되고 있으며 이를 해결하고자 IMO에서는 다양한 환경규제를 제시하고 있다.

국제 해운업에서 차지하는 이산화탄소(CO₂) 배출량은 2012년 기준으로 약 796 백만 톤이며, 이는 전세계 CO₂ 배출량의 2.2%를 차지하고 있다. 국제해운의 온실가스

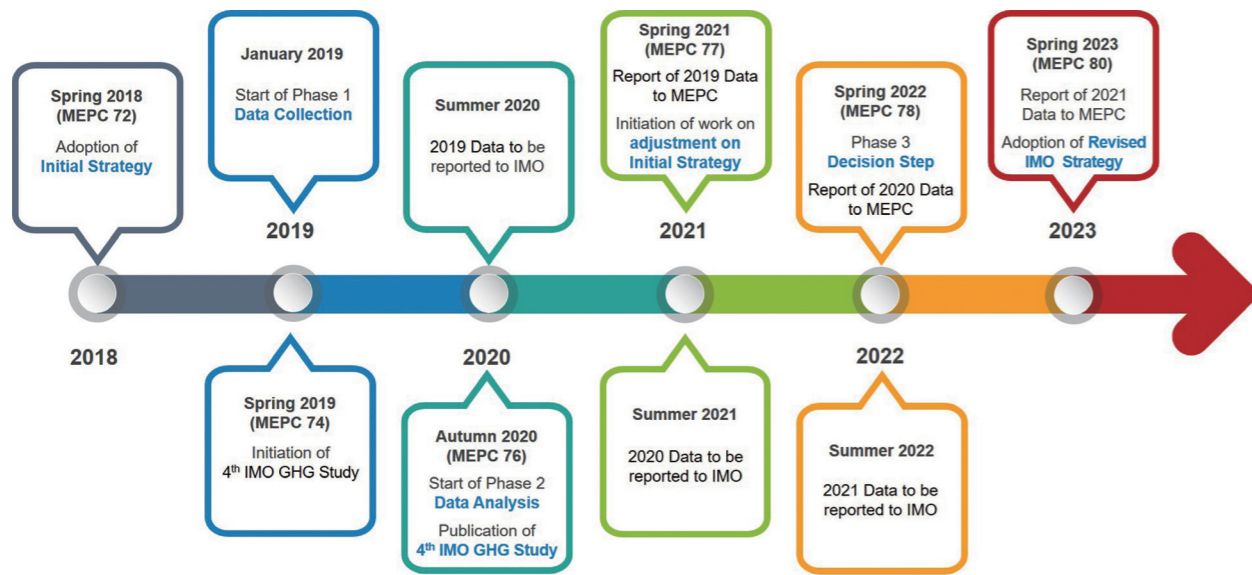
배출량은 기후변화협약(UNFCCC)에서 요구되는 국가별 배출량 통계 및 감축규제에 포함되지 않으나, 교토의정서 제2조2항에 따라서 IMO에서 국제해운 감축에 대한 논의를 위임받아 추진해 오고 있었다. 국제해운 분야를 산업분야가 아닌 하나의 국가로 간주할 경우, 국제해운의 CO₂ 배출량인 796백만 톤은 전세계 6위의 배출량 국가인 독일의 755백만 톤(2012년 기준)보다 많은 배출량을 차지하는 것이다. 따라서 국제사회는 전세계의 협력이 필요한 기후변화 및 지구온난화 방지를 위한 온실가스 감축이라는 국제해운의 역할을 IMO 환경규제를 통하여 요구하고 있다.



□그림 1. IMO의 온실저감 관련 규제 로드맵 (출처 : 한국선급, 2019)

IMO에서는 선박 운항에서 발생하는 온실가스 감축을 위하여 다양한 기술적 및 운항적 조치를 도입하여 논의하고 있다. 새로 건조되는 신조선박에 대하여 에너지효율 기준의 달성을 요구하는 에너지효율설계지수(EEDI, Energy Efficiency Design Index for new ships) 및 운항선박의 에너지효율 관리를 위한 선박에너지효율관리 계획서(SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Pla)를 선박대기오염방지협약(MARPOL) 개정을 통해 2013년부터 강제화하고 있다. 또한, IMO는 지구온난화

방지를 위한 파리협정에 발맞추기 위해 선박 탈탄소화 실현을 위한 감축목표 및 감축조치를 포함한 선박 온실가스 감축의 초기전략(Initial IMO Strategy)을 채택하였고, 3단계에 걸친 감축 계획을 수행하고 있다. IMO는 DCS(Data Collection System; 선박연료사용량보고 의무 제도) 규제를 통해 수집된 국제해운 연료사용량 및 운항 데이터 분석을 통하여 초기전략의 감축목표 및 감축조치에 대한 조정 작업을 지속하여 2023년에 최종전략(Revised IMO Strategy) 채택을 위한 로드맵을 수립하였다.



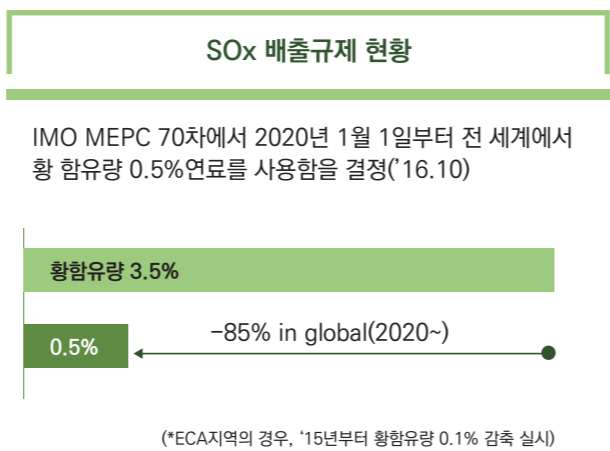
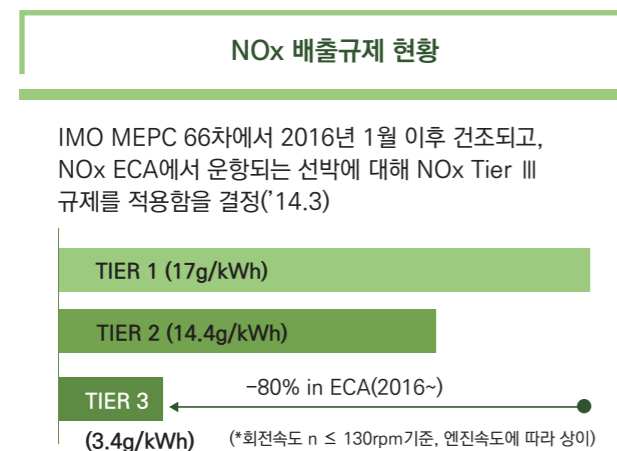
□ 그림 2. Revised IMO GHG Strategy 채택을 위한 로드맵

한편, 유럽연합의 유럽집행위원회(EC)에서는 유럽경제 지역(EEA) 회원국으로 입출항하는 5,000GT 이상 선박의 이산화탄소 배출량 및 운항데이터 보고를 강제화하는

EU MRV(Monitoring, Reporting and Verification) 규제를 2015년에 발효했다. EU MRV 규제는 2011년 12월 31일 까지 국제해운 감축을 위한 국제적 합의가 없는 경우,

□ 그림 3. IMO Global 환경규제 현황과 일정

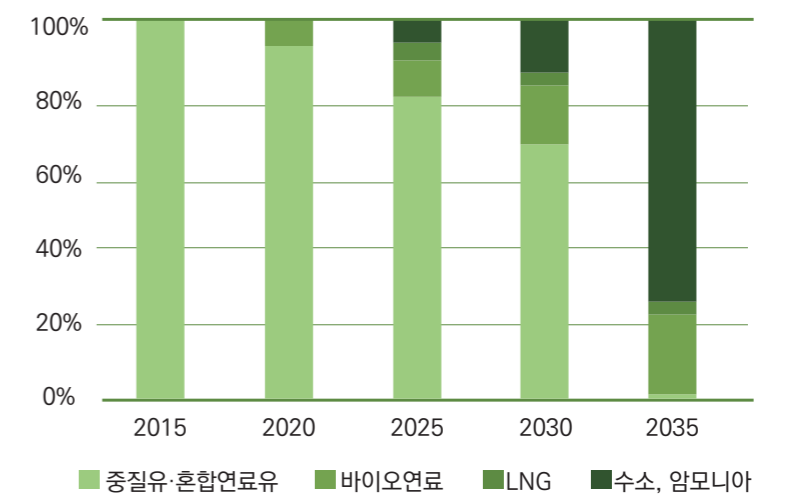
규제물질	운항지역	년도										Remarks
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
NOx(질소산화물)	NOx ECA	Tier II					Tier III					IMO MARPOL
	전세계	Tier II										
SOx(황산화물)	SOx ECA	황함유량 1.0%					황함유량 0.1%					IMO MARPOL
	전세계	황함유량 3.5%					황함유량 0.5%					



EU 자체적으로 지역적 규제를 시행하기로 한 EU 결정 사항을 기반으로 했다. 또한, IMO DCS 규제와 달리 보고된 선박의 이산화탄소 배출량 데이터를 공식적으로 공개하기 때문에 해운회사는 보유 선박의 친환경성이 비교되며 해산업 이해관계자들에게는 상당한 압박을 가하는 규제라고 볼 수 있다. 따라서 EU MRV 규제가 국제해운 배출량을 감축 의무에 포함시키기 위한 첫 번째 단계이며, 차후 단계에서는 국제해운 배출량에 대한 지속적인 압박 및 감축 요구가 이어질 것이라고 판단할 수 있다. IMO에서는 환경오염 저감을 위해 조선산업에서 발생하는 대기오염 물질별로 규제를 마련하여 시행 중에 있다. 질소산화물(NOx) 규제를 위해 선박건조 시점과 운항지역에 따라 배출기준을 정하고 있으며, 선박 건조시기와 관계없이 현존 모든 운항선박에 적용되는 황산화물(SOx) 규제기준을 개발하여 전세계 모든 해역에서 황 함유량 0.5%(m/m) 이하의 연료를 사용하거나 동등 이상의 효과를 가지는 후처리장치의 사용을 강제화하고 있다(그림 3) 또한, 미세 먼지 및 블랙카본 등과 같은 오염물질의 배출 저감을 위해 해양오염방지대응전문위원회(PPR)를 구성하여 논의 중에 있다. 이러한 환경규제 정책에 대응하기 위해 해운과 선박기자재를 포함한 조선업계는 고효율 및 친환경 선박개발 등과 같은 기술적 뒷받침을 바탕으로, 향후 'Zero emission' 까지 고려한 수소연료전지, 전기추진 등 기존 화석연료를 배제한 선박을 개발하려는

논의까지 진행하고 있다. IMO에 의해 선박 연료유의 황 함유량이 본격적으로 규제를 받게 됨으로써 해운업계는 친환경·고효율 선박을 확보하고 저유황 연료유, LNG 등 청정연료를 확보함으로써 IMO 규제에 대처하고, 이를 선사 간 경쟁에서 앞서기 위한 기회로 활용하고 있다. IMO 제72차 MEPC 2018회의에서는 새롭고 과감한 내용의 "선박 온실가스 배출 감축전략"을 채택하였으며, 금세기에 온실가스를 유발하는 연료사용을 단계적인 중단하는 것에 대한 공감대를 형성하였다. 대체 연료 및 에너지 활용은 선박의 중질유 연료유를 바이오 디젤, 암모니아, 수소 등과 같은 대체연료로 교체하거나 '전기' 또는 '전기 및 풍력' 등을 활용하는 기술들을 포함시킬 예정이라 발표했다. 연간 온실가스 배출량을 2008년 대비 50% 감축하기 위해서는 에너지의 탈탄소화 개념으로 선박연료로 사용되는 화석연료 대신 중장기적으로는 LNG (LNG 추진선박의 감축 기여는 약 20% 수준) 등 친환경 연료로 전환하는 한편, 장기적으로는 수소나 암모니아 등 비화석연료인 친환경 연료로 대체되어야 한다고 분석했다.

연료 사용 변화 전망



□ 그림 4. 온실가스 감축을 위한 연료 전환 예상 (자료 : ITF-OECD, 2018)

II. 글로벌 선박 시장 및 기술 동향

온실가스 배출 규제와 관련하여 강화되는 IMO 환경 기준으로 고효율과 유해 배기가스가 배출되지 않는 친환경 선박들의 수요가 증가하여, 현재의 선박량 과잉 상황에도 불구하고 최신의 신조선 신규발주 수요는 지속적으로 이어질 전망이다.

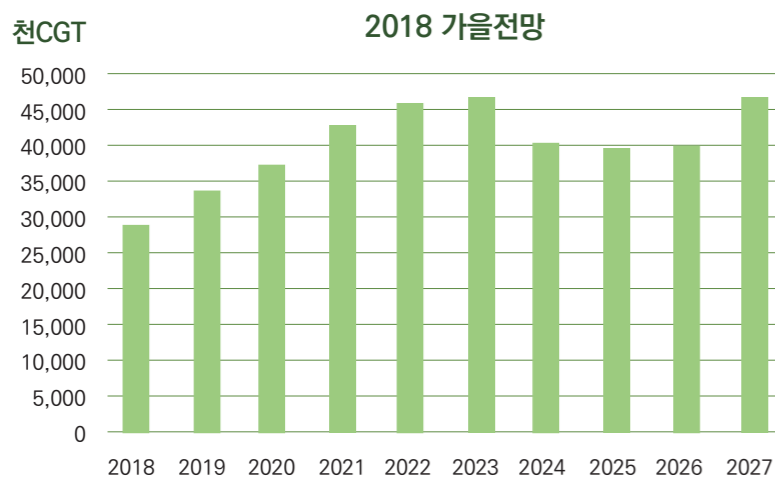
2018년 9월 Clarkson Forecast Club의 발표에 따르면 단기적으로 황산화물규제 등의 영향으로 2023년까지 지속적으로 증가하여 약 47백만CGT(표준화물선 환산 톤수; Compensated Gross Tonnage)에 이를 것으로 전망된다. 이후 평형수처리장치 및 황산화물 규제의 영향으로 감소하겠으나 약 40백만CGT 수준의 수요를 유지할 것으로 예상되며 친환경 선박 수요로 2027년에는 다시 47백만 CGT 수준으로 증가할 전망이다.

현재 해운시황의 침체에도 불구하고 단기적으로나 중 장기적으로 호황기 수준(최고 92백만CGT)에는 미치지 못하더라도 40백만CGT 내외의 신규수요가 유지됨으로써 친환경, 고효율 선박은 시장의 수요 안정화에 결정적 기여를 할 것으로 기대된다. 이러한 시장의 패러다임 변화는 가격 경쟁보다 기술경쟁으로 경쟁 구도가 변화됨으로써 한국 조선업계에 기회가 될 것으로 기대된다. 2000년대 들어와

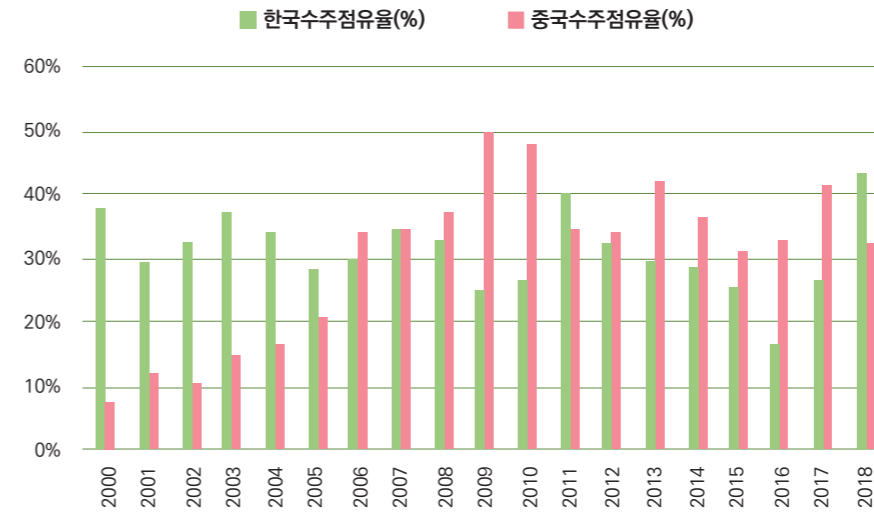
세계 1위를 차지하였던 한국 조선업은 금융위기 이후 중국의 물량, 가격 경쟁력에 고전하며 2위로 밀려나게 되었으나, 2018년 고부가선종의 비중이 확대된 이후 중국 보다 높은 점유율을 보였다.

친환경선박 시장은 최근 선박 연료사용량 보고 강제화(DCS), 시장기반조치(MBM) 및 선박 탈탄소화 규제(IMO GHG Strategy)와 같은 IMO의 선박 온실가스 감축 규제 강화 및 신규 도입으로 인하여 시장규모가 확대될 것으로 전망된다. 향후 친환경적이며 높은 효율을 가진 기술들이 조선시장의 핵심 요인이 될 경우 가격보다 기술과 품질이 주요 경쟁력 요인이 될 것이며, 이는 국내 조선업계에 있어 유리한 기회를 가지게 될 것으로 전망된다. 그러나 미래를 위한 차세대 친환경 기술개발이 이루어지지 않는다면 시장의 변화는 오히려 경쟁국에 주도권을 빼앗기는 위기를 초래할 가능성이 크다. 따라서 모든 가능성을 열어두고 수소, 신재생에너지, 전기추진 혹은 원자력 등 가장 배출 가스를 적게 배출하고 고효율의 에너지를 가지는 최적의 기술개발에 관한 충분한 검토가 이루어져야 할 것이다.

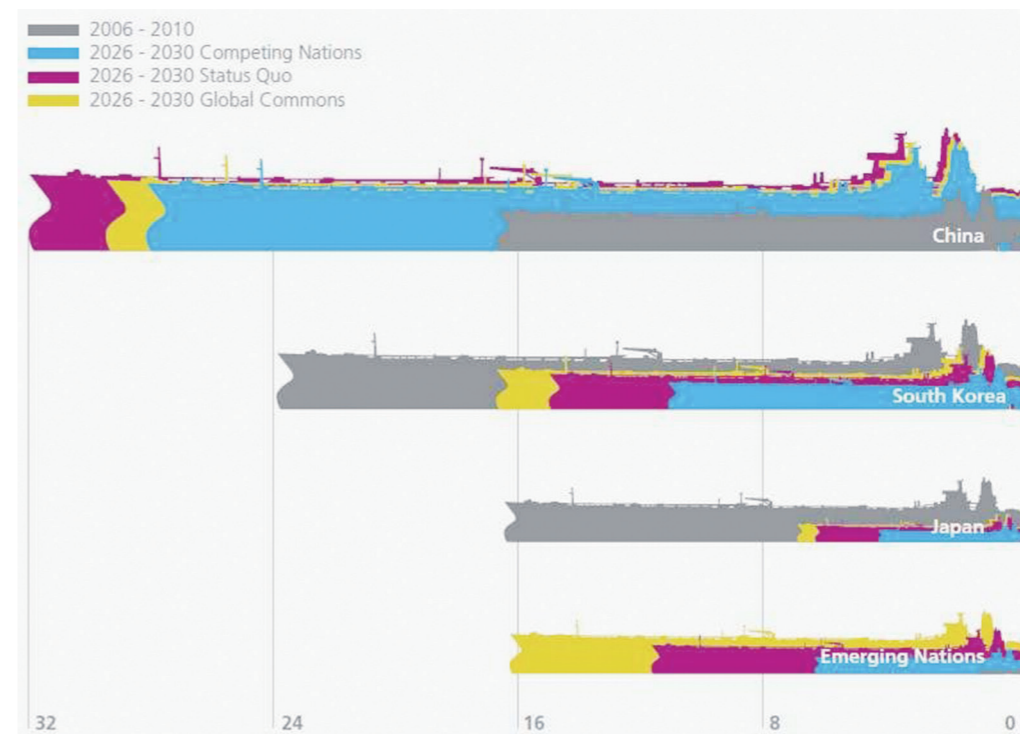
해운 시황의 침체에도 불구하고 2017년 이후 선박의 발주는 점차 회복되고 있으며 이는 환경규제에 의한 신규 수요가 주요인으로 평가된다. Lloyd Register(2013)에 따르면 일반상선의 경우 2030년까지 세계 총 선박 인도량은 현재 수준으로 유지할 것으로 예상하였으며, 중국과 신흥국가가 향후 신조선 시장을 선도할 것으로 예상했다. 또한 일본은 21%에서 9~10%, 한국은 34%에서 22%로 시장점유율이 감소할 것으로 전망했다.



□그림 5. Clarkson Forecast Club 세계 발주량 증장기 전망 (자료 : Clarkson Forecast Club, 2018.09 발표자료)



□그림 6. 한국과 중국의 수주점유율 추이 (자료 : Clarkson Forecast Club, 2018.09 발표자료)



□그림 7. Bulker, Tanker, LNG, Containership의 선박인도량(총 톤수) 예상 (자료 : Lloyd Register, 2013)

국내 조선업 육성과 조선기자재업체의 일감 확보를 위해 정부는 중소형 조선사를 위한 공공선박 발주, 노후선박 교체지원, 국내 해운사의 국적선 보유 유도 및 한국해양 선박금융 공사 설립 등과 같은 정책을 펼치고 있으나, 친환경 선박 국내 기술 부재 및 부족과 기술 검증 및 실증 기회가 없어 미래 세계 친환경선박 산업을 선도하기에는 부족한 실정이며 정부지원 효과가 제한적이다. 기업체 스스로도

자구책을 마련하기 위한 상당한 노력이 필요하며, 경영 효율성을 제고하여 현재의 어려움을 슬기롭게 극복하는 동시에 미래를 위한 사업다각화 R&D 투자, 인재육성에 최대한의 자원투입이 요구되고 있다. 또한, 국제규제 대응을 위한 친환경 선박, ICT 융합의 중소형 스마트 선박 등 차세대형 선박설계, 건조, 부품개발 등의 신기술 개발에 적극적으로 참여하는 것이 중요하다.

구분	기술개발
연료 추진 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소연료전지 (대형선박용 기술개발) <ul style="list-style-type: none"> - 대형트럭 연료전지 개발사인 PowerCell은 Siemens와 MOU 체결 - Ballard 사는 MW 연료전지 선박 개발을 위해 ABB와 MOU ○ 100% 배터리 추진선박 (54척) <ul style="list-style-type: none"> - (노르웨이) Future of the Fjords 관광선, 2 × 900kWh 배터리 - (노르웨이) Yara 컨테이너선, 120TEU, 7~9MWh - (중국) 2,000톤급 화물선, 2.4MWh ○ (덴마크 Seaborg社) 용융염 원자로(MSR)을 이용한 발전에 투자 <ul style="list-style-type: none"> - 흑연을 사용하지 않는 감속제를 이용함으로써, 소형화 가능, 연료 재충전 없이 12년 동안 작동 - 향후 선박 적용을 위해 연구개발 중
신선종 최적구조	<ul style="list-style-type: none"> ○ (유럽) 신소재, 구조 최적화 기술을 적용한 기술개발 진행 <ul style="list-style-type: none"> - (Green Ship of the future)프로펠러 구조개선 - (DNV-GL, Rolls-Royce, Kongsberg 등) 선박 상태기반 모니터링을 통한 유지/보수 최적화 및 선체 건전성 기술 개발 - (E-Lass) 선박 경량 소재 및 설계 관련 연구개발 ○ (일본) Future Ship 연구 개발 진행 <ul style="list-style-type: none"> - (MLIT)엔진의 연소개선기술, '기관실 내 각종 기기의 모듈화를 통한 효율적 배치'에 대한 연구 개발 추진 ○ (국내) 선체 구조 경량화, 최적화 기술개발 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 소형선박용 융복합 소재 적용 기자재 기술 추진 - (DSME) LNG 화물창 경량구조 개발(2017)
최적선형	<ul style="list-style-type: none"> ○ (유럽) 최적선형, 운항효율 최적화 기술개발 진행 <ul style="list-style-type: none"> - (DNV-GL ReVolt Project) 배터리 추진 선박의 선형, 프로펠러, 추진 장치의 최적화 추진 - (Rolls Royce) 연료절감 솔루션 개발 ○ (일본) Super Echo Ship 2030/50 <ul style="list-style-type: none"> - 그린쉽 기술의 집약으로 신개념 친환경 선박 개발프로젝트 추진 - 선형 최적화, 마찰저항 감소, 경량화, 고효율 추진 ○ (국내) 대형조선소를 중심으로 고유 연료절감장치 개발 및 적용 중 <ul style="list-style-type: none"> - 공기저항 절감을 위한 Spoiler 적용, 유선형화 연구 - 연료절감을 위한 Air lubrication device 상용화 - 전류고정날개를 Tanker와 Container에 실용화

구분	기술개발
핵심기자재	<ul style="list-style-type: none"> ○ (유럽) 선박기자재 집중육성을 통한 시장 독점권 유지, 원천기술, 설계기술 우위 확보(Green Ship of the future 등) <ul style="list-style-type: none"> - Alfa Laval, Man Diesel(덴마크), FRAMO(노르웨이) 등 - 전력계통 효율 향상, 폐열회수시스템, 배기가스 재순환 시스템, 펌프 및 냉각수 최적화 ○ (일본) 항해장비, 특수소재 분야 원천기술 및 설계기술 보유 <ul style="list-style-type: none"> - 기자재 시장규모 20조원, 자국 내 선박시장 기반 산업성장 ○ (국내) 배기가스 정화 친환경 장치 <ul style="list-style-type: none"> - 고압용 질소산화물 저감장치(HP SCR) 개발
친환경 스마트선박	<ul style="list-style-type: none"> ○ (유럽) 자율운항선박 프로젝트를 선도적으로 추진 <ul style="list-style-type: none"> - (EU) MUNIN 프로젝트('12-'15), 무인 및 자율운항선박 기술개발을 목표로 하는 EU 펀드 연구과제 - (노르웨이) AUTOSEA 프로젝트('15-'19), NTNU 주도의 충돌회피를 위한 알고리즘 개발 등 수행 - (Rolls Royce) AAWA 프로젝트('15-'18), 자율운항선박의 표준 수립 및 '20년까지 선박 원격조정 기술 상용화를 목표 ○ (일본) SSAP(Smart Ship Application Platform) 프로젝트 착수 <ul style="list-style-type: none"> - 선박의 최적 운항 성능 달성을 위한 다양한 어플리케이션 개발 등 추진('12-'17) - '25년까지 250척에 자동운항시스템 탑재 예정 ○ (중국) 정부주도의 자율운항 벌크선(근두운호) 개발 착수 ○ (국내) 자율운항선박 연구개발사업 최초 추진 중

유럽연합 및 일본에서는 친환경선박 대체연료(바이오 연료, 수소연료, 배터리 등) 및 에너지 효율 향상을 위한 다양한 프로젝트를 수행하고 있으며, 이를 통해 미래친환경 선박 대응을 위한 각국의 핵심기술 개발 경쟁이 심화되고 있다. 유럽연합은 친환경 선박 기술 및 선박 생애주기 관점에서 다양한 공동연구를 진행해오고 있으며, LeanShips 및 JOULES와 같은 프로젝트를 통해 대기오염원 배출감축을 위한 노력을 하고 있다. 영국은 3년 동안의 연구개발을 거쳐 2013년 최초의 수소 동력 여객선 하이드로제네시스(Hydrogenesis) 호의 운항을 실시하였으며, 이는 12kW 용량의 연료전지를 동력으로 사용하며, 추진기는 영국 오그리타 에너지社에 의해 개발된 영구자석 교류모터로서 6~10노트로 운항이 가능한 선박이다. 독일의 함부르크 시는 Zemships(Zero emission ships) 프로젝트를 통해 350bar 압력탱크에 50kg 수소저장탱크를 가지는 10kW급 수소연료추진선박 Alsterwasser를 최초로 건조하였고, 이는 연간 1,000kg의 이산화탄소 및 70,000kg의 탄소배출량 감소효과를 낼 수 있었다. 일본은 'NYK Super EcoShip

2050' 프로젝트를 실현함으로써 연료변화 및 온실가스 저감 추이를 발효했으며, 최근에는 수소연료를 이용한 NYK Super EcoShip 2050 프로젝트를 발표했다. 국내 조선업은 친환경 및 디지털산업 시대의 경쟁력 강화를 위해 LNG 연관 선박의 시범사업 및 공공발주 확대, LNG 벙커링 시스템 구축 및 배출규제해역 지정 등 세부 시책을 수립하고 있다. 또한, 미래를 위한 투자(친환경 및 자율운항선박) 전략에서는 예인선 대상 LNG 추진선박 시범사업을 통해 미세먼지 저감, 친환경 시장 선점을 위한 친환경 기자재의 실증 프로젝트 추진 및 2022년 자율운항선박 개발 및 운항 성공을 위한 기술개발을 진행하고 있다. 2000년 최초로 건조된 후, 북유럽 및 북미지역의 배기가스 배출규제 지역을 중심으로 한 시장의 확대와 함께, 최근 전 세계적으로 LNG 벙커링 설비 및 인프라시설 투자가 늘고 있으며 LNG선박에 대한 관심과 함께 발주 수요가 증가하는 추세이다. 특히, 미국과 유럽 등 대부분의 국가에서는 가스전으로부터 생산된 천연가스를 파이프로 수요지까지 운송하고 있으나, 생산지에서 멀리 떨어진

III. 극지운항선박과 친환경 선박 기술

나라에서는 천연가스를 액화시켜 LNG 형태로 바꾸어 LNG 운반선박을 통해 운송하고 있다. 현재 LNG 시장이 급속도로 성장하면서 최근에는 LNG 운반선박의 기능과 용도를 다양화하여 새로운 기능을 갖춘 LNG 운반선박의 개발과 기술력을 확보하는 것이 차세대 LNG 운반선박 시장의 경쟁력이 될 것으로 판단되고 있다.

최근 빙해역이 존재하는 해역으로부터 LNG 수송을 위한 쇄빙 LNG 운반선박이 관심을 받고 있으며, 2017년 대우

조선해양은 세계 최초의 쇄빙 LNG 운반선박을 건조했다. 우리나라 조선업체는 쇄빙유조선과 쇄빙 LNG선 및 연구선 건조경험을 바탕으로 극지해역 운항 선박 건조 기술력을 보유하고 있어, 향후 고부가 선종 기술개발 및 극저온 기자재 기술개발 수요가 확대될 것으로 예상된다.



□그림 8. 세계 최초 쇄빙LNG운반선박 '크리스토프 데 마제리'

1. 북극항로 물동량 증대 노력(러시아 사례)

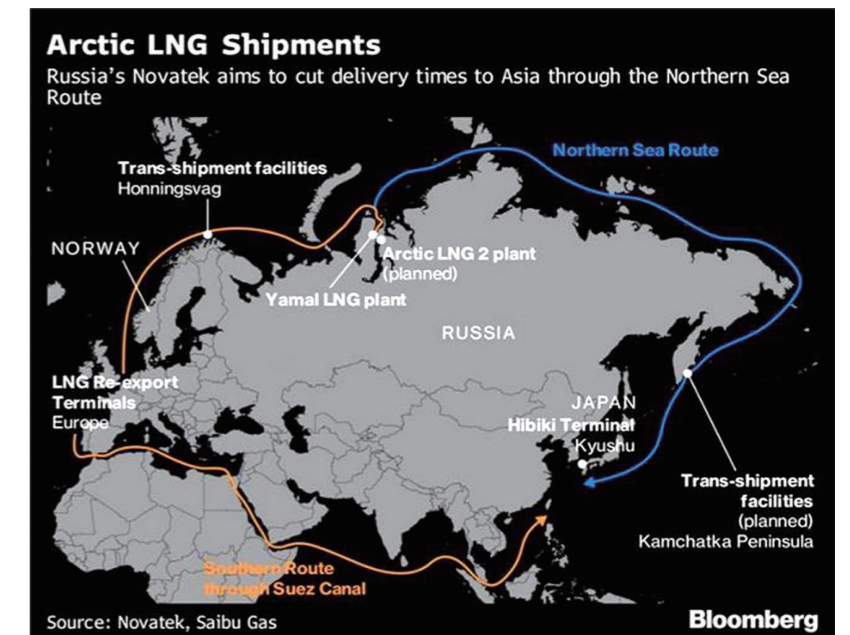
북극항로를 둘러싼 국제·정치·경제·사회·환경의 변화로 국제사회와 러시아를 중심으로 북극항로의 가능성과 위험성에 대한 논의가 확대되었다. IMO는 북극해를 포함한 극지해역에서의 선박 운항에 필요한 안전확보를 위해 선박의 설계와 환경보호를 위한 기준인 '극지해역 운항선박 안전 기준(Polar Code)'을 제정하여 2017년부터 시행 중에 있다. 러시아는 국내법 제개정과 관리조직 정비를 통해 북극항로 이용을 위한 항로관리, 극동북극개발부 창설 등 제도적 기반 마련을 추진하고 있다. 특히 지난해 2,000만 톤에 가까운 기록적인 운송화물량을 나타냄으로써 러시아 정부는 2024년까지 연 8,000만 톤까지 운송량을 늘린다는 목표를 정하고 있다. 이를 위해 2019년부터 LNG 생산 및 공급량을 확대하여 연간 1,650만 톤의 LNG를 북극항로를 통해 세계시장으로 공급하고 있다. 이에 더해 러시아 정부가 추진 중인 118개 사업으로 구성된 북극광물자원개발계획(2030년까지 1,650억 달러 투자)이 실현된 다며, 북극항로를 통한 연간 운송량은 1억 톤을 상회할 가능성도 있다.

러시아에서 추진 중인 LNG 후속 개발사업은 기단반도에 있는 Arctic LNG-2사업(연간 19.8백만 톤 생산)은 2023년 첫 운송을 목표로 추진중에 있으며, 오비강 하구에 Arctic LNG-3 사업(연간 20백만 톤 생산)은 2030년 완공을 목표로 하고 있다. 이와 같은 러시아의 LNG 개발 사업으로 생산 되는 LNG는 연간 약 5,700~7,000만 톤에 이를 것으로 예상되며, 이렇게 되면 러시아는 2030년에 세계 4위의

LNG 생산국이 될과 동시에 세계 시장의 20%에 육박할 점유율을 가질 것으로 전망되고 있다.

이와 더불어 러시아는 LNG 생산뿐만 아니라 운반에 필요한 추가적인 인프라 건설도 추진 중에 있다. 북극항로를 개척하기 위하여 세계 최대의 60MW급 원자력쇄빙선인 우랄호 등의 원자력 쇄빙선 9척을 포함하여 2035년까지 최소한 13척의 대형 쇄빙선을 운영할 예정이고, 콜라반도 및 캄차카반도에 공급할 2,000만 톤 규모의 LNG 환적 시설 건설을 발표했다. 러시아의 LNG 개발과 관련 인프라 사업에는 프랑스, 중국, 일본, 사우디 등의 기업들이 이미 지분 또는 건설투자를 확정하거나 적극적으로 추진 중에 있다.

□그림 9. 러시아 가스 환적 및 운송계획



2. 북극항로 항행 제한조치(러시아 사례)

수년 전만 해도 북극항로를 통한 유럽과 아시아 간의 '국제통과운송'이 계속 증대될 것이라는 낙관적인 전망들이 언론을 통해 쏟아져 나왔으나, 다양한 형태의 실험적인 북극항로 운항들이 마무리되고, 러시아 정부의 북극지역 개발계획 윤곽이 드러나면서 북극항로 활용에 대한 러시아 정부의 입장을 파악할 수 있게 되었다. 우리나라를 비롯한 대다수 외국선사들은 북극항로를 유럽과 아시아 간의 최단 국제운송로로 활용하려는 입장인 반면 러시아 정부는 북극항로를 러시아 북극해 지역의 탄화수소자원을 유럽과 아시아의 외부시장으로 수송하기 위한 내부 수송로로 개발하고 있다는 점이 명확해졌다.

2018년 12월 30일, 러시아 산업통상부는 북극항로 운항 선박을 러시아 조선소에서 건조선박으로 제한하는 상선법을 발효했다. 본 법안은 러시아 북극에서 생산된 석유, 가스 및 석탄을 수송하기 위해 운행되는 러시아 북극해역 경유 선박에 대해 외국선박을 사용하는 것을 제한하는 것을 골자로 하고 있다. 대표적인 사례가 노바텍의 쇠빙 LNG 발주로, 러시아 조선업 현지화 속도보다는 야말(Yamal) 가스 프로젝트 본격화 속도가 더 빠르기 때문에 쇠빙 LNG 유조선 발주하여 외국기업이 건조하게 해야 수요 공급이 맞는데, 발효된 상선법으로 외국 선박의 북극운항이

어려워지면서 외국기업과의 협업을 통한 러시아 조선업 현지화에 장애가 되고 있다. 물론 예외조항을 두어 러시아 정부의 승인 하에 예외적으로 타국적 선박의 운항도 허용되고 있으나, 이는 자국 해운산업의 성장과 함께 국제항로로서의 북극항로의 입지를 강화하려는 의도가 담겨있다.

또한, 기존 러시아 관할 북극항로 7개 해역을 28개로 세분화하는 북극항로(NSR) 운항 규정 개정안을 발표했다. 이는 세분화를 통해 엄격한 쇠빙조건을 가진 해역에서부터 낮은 내빙선박 운항이 가능한 해역까지 북동항로 운항 범위를 확대해 북극항로 활성화를 도모하기 위한 정책적 고려에서 나온 것으로 해석할 수 있다.

북극항로에 대한 과도한 제한적 조치는 주변국에게 안보의 위협으로 인식될 가능성이 크며 이미 일부 국가에서는 북극-북동항로 항행에 대한 제한이 국제법에 따라 인정되고 있는 국제협약에서의 무해통항권(선박이 타국의 영해를 그 나라의 평화·질서·안전을 해치지 않는 한 자유로이 통과할 수 있는 권리) 또는 통과통항권(공해 또는 경제수역의 한쪽 부분과 다른 공해 또는 경제수역을 연결하는 해협에서 항행의 자유)을 침해하고 있다고 주장했다. 특히, 미국과 캐나다는 러시아의 이러한 행보에 안보의 위협이라 여기고 군사적 대응을 강화하고 있다. 미국은 북극에 순찰선이 아닌 군함을 파견할 것이라고 밝혔으며, 캐나다는 북극권 군사기지 강화에 나서고 있다. 앞으로 러시아의 북극전략이 어떠한 방향으로 확대될지, 북극권 국가들이 이를 어떻게 인식하고 받아들일 것인지 지속적인 관심을 가질 필요가 있을 것으로 판단된다.

3. 북극 환경 변화

금세기 중반인 2040년 이후 여름철 북극 빙하가 사라질 것이라 새로운 기후 전망 시나리오가 공개됐다. 이는 기존 전망보다 시기가 당겨진 것으로, 비슷한 시기 남극 빙하도 사라지면서 지구 스스로 온난화를 증폭시키게 될 것이라 분석이 나온다.

금세기 중 극 지역 빙하 면적은 크게 줄 전망이다. 특히 여름철 북극 빙하는 금세기 중반 이후 거의 사라진다. 인류가 온실가스 배출 저감노력을 아예 안한다고 본 최악의 시나리오(SSP5-8.5)로 보면, 여름철 남극 빙하도 사라진다. 양극 지방 빙하가 모두 녹아 없어지는 것이다. 아래의 그림은 현재(1970~2014)와 미래(2015~2100)의 온실가스 배출 경로를 보여준다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change) 6차 평가보고서의 표준 경로는 녹색, 청색, 적색, 보라색 실선으로 표시된 4종(SSP1-2.6/2-4.5/3-7.0/5-8.5)이다. 과거 IPCC 5차 평가보고서는 회색 파선으로 표시된 4개의 시나리오(RCP2.6/4.5/6.0/8.5)를 사용하였다(*SSP; Shared Socio-Economic Pathway).

빙하는 지표에 도달한 햇빛의 90%를 반사해 우주로 다시 내보내고, 바다는 반대로 햇빛의 90%를 흡수한다. 극지방 빙하가 사라지면 햇빛을 더 많이 흡수해 지구 스스로 온난화를 증폭하는 결과를 초래한다.

온실가스 다음으로 지구의 온도를 높이는 물질인 '블랙 카본(black carbon)'에 대한 고민도 필요하다. 블랙 카본은 디젤 엔진과 석탄화력발전소, 바이오매스의 연소 등 탄소를 함유한 연료가 불완전 연소할 때 발생하는 '검은색 그을음'으로써, 빛을 흡수하고, 구름 속에서 수증기와 섞여 비로 내리며, 눈과 얼음 속에 들어가는 등 파괴적 수준의 환경적 위해성을 발휘할 수 있다. 현재 북극의 풍경 변화의 하나의 예로, 블랙 카본 때문에 북극이 검어지고 있다. 순백색을

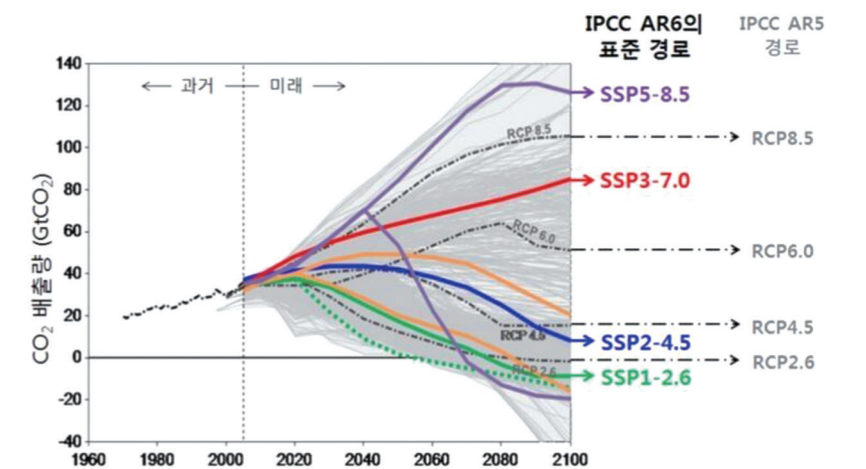
뿔냈던 북극의 빙하가 검게 더럽혀지면서 햇빛 반사율이 낮아지며, 그만큼 지구온난화 효과는 커지고, 빙하가 녹는 속도는 급속도로 빨라지는 순환고리가 생겨나는 것이다.

이외에도 선박에서는 배출되는 유류오염원에 대한 고민도 필요하다. 해상운송에서 사용되는 중유연료(HFO; Heavy Fuel Oil)의 유출사고는 북극 해상오염 및 생태계 교란을 일으킬 수 있다. 선박사고 등으로 유출된 고밀도 중유연료가 유화되고, 가라앉으며, 얼음에 갇혀 극도로 먼거리까지 이동할 수 있게 된다. 이렇게 선박에서 배출된 중유연료는 낚시와 사냥을 생계로 하는 북극 원주민 공동체의 식량안보에 위협을 주게 된다. 또한 중유 연료의 연소는 황산화물과 중금속 등도 배출하게 된다.

이미 남극해역에서는 IMO에 의해 중유 연료의 운송과 사용이 금지된 상태이며, 북극에서도 중유 연료의 사용을 금지하는 규제가 도입되고 있다.

선박에서 배출되는 이산화탄소 및 블랙 카본 등에 의한 지구온난화 가속화와 더불어 중유연료 및 중금속 등에 의한 해상환경 오염을 방지하기 위해서 친환경선박 기술에 대한 깊은 고민이 필요한 시점이다.

그림 10. IPCC 온실가스 배출 시나리오



4. 극지운항선박에 필요한 친환경 기술

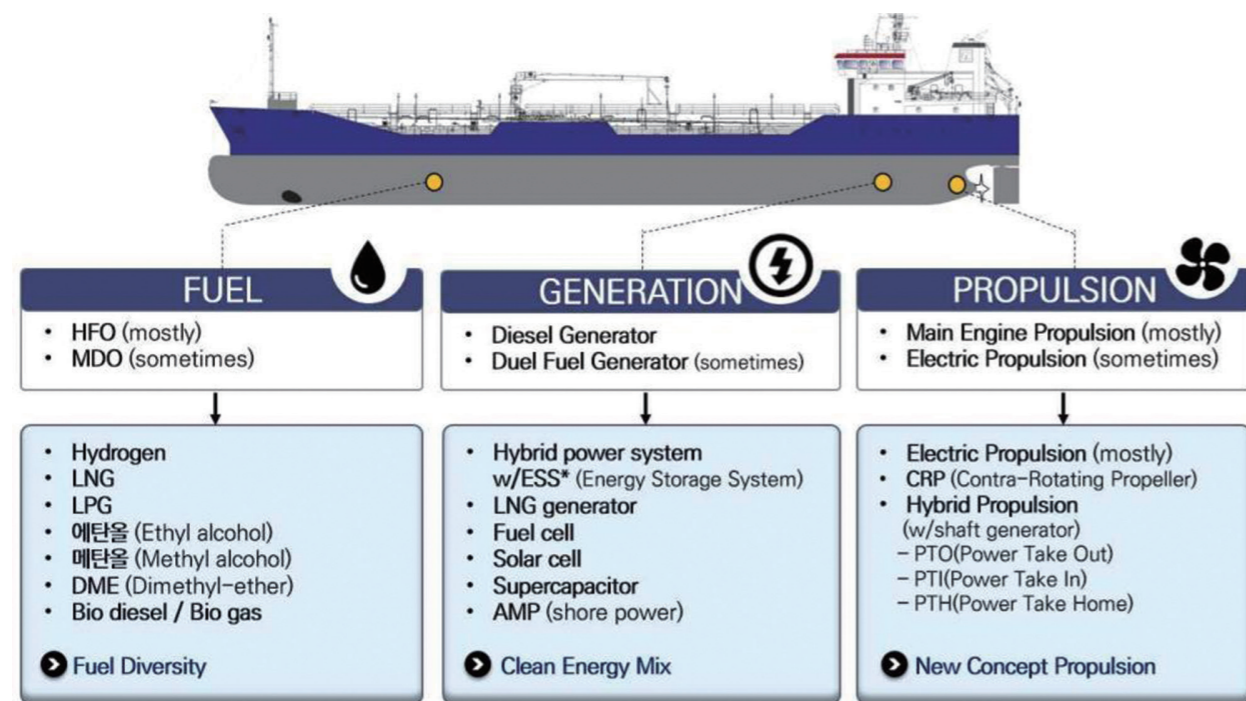
극지 및 빙해 해역을 운항할 수 있는 선박을 총칭하여 빙해용 선박이라고 하며, 이러한 선박은 얼음에 견딜 수 있는 선체의 강도, 의장품, 및 추진장치 등에 따라 크게 쇄빙선(Ice Breaker)과 대빙구조(Ice strengthening)를 만족하는 빙해상선으로 나뉜다. 쇄빙선은 다시 유도 쇄빙선과 단독 쇄빙선으로, 빙해상선은 쇄빙선과 내빙상선으로 구분하며, 쇄빙선은 쇄빙선과 동등 또는 그 이상의 쇄빙 능력을 가지고 결빙해역에서 독자적으로 화물 운송을 할 수 있는 선박이며, 내빙상선은 얇은 결빙해역 또는 유도 쇄빙선에 의해 만들어진 수로의 유빙 저항을 이겨 낼 능력을 갖춘 선박을 지칭한다.

친환경 선박은 기존 선박보다 연비가 좋고 대기 및 해양

오염 물질 배출량을 획기적으로 줄여 새로운 국제 환경 규제를 충족하는 선박을 말한다. 국내 '환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률'에서는 환경친화적 선박을 다음 중 하나에 해당하는 선박으로 정의하고 있다.

- ① 해양오염을 저감하는 기술을 적용하거나 선박 에너지효율을 높일 수 있는 기술을 사용하여 설계된 선박으로서 기준에 적합한 선박
- ② 액화천연가스 등 환경친화적인 에너지를 동력원으로 사용하는 선박
- ③ 전기 공급원으로부터 충전받은 전기에너지를 동력원(動力原)으로 사용하는 전기추진선박

□그림 11. 친환경 선박 개요



- ④ 휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 또는 연료와 전기에너지(전기 공급원에서 충전받은 전기에너지 포함)를 조합하여 동력원으로 사용하는 하이브리드 선박
- ⑤ 수소 등을 사용하여 발생시킨 전기에너지를 동력원으로 사용하는 연료전지추진선박

IMO 선박 대기오염물질 및 온실가스 배출량 감축 규제 만족을 위해 추진 시스템으로 연료의 선적·저장 및 공급에 관련된 시스템, 발전 및 추진 시스템을 개발하고, 선박 에너지 효율 향상을 위한 선박의 최적구조 설계 기술로 선체구조 경량화, 신소재 및 복합소재 구조 개발 등을 하고 있다. 또한, 현안 대응 기술을 미래친환경적으로 대체할 수 있는 방법으로 다음과 같은 LNG, ESS(Energy Storage System; 에너지저장장치 통칭 배터리), 수소와 같은 기술들이 제안되고 있다.

LNG를 선박 연료로 사용하게 되면 대기오염물질의 배출량이 감소되거나 다른 연료 대비 높은 가격을 형성하고 있고, 주요 항만의 LNG bunkering 인프라 구축 또한 필요로 하다. 전기 추진 시스템에 적용되는 ESS의 경우, 최적의 전력 생산·저장·사용으로 에너지 효율을 증가시키고, 소음과 진동이 감소되며, OPEX(Operating Expenditure, 운용비용)가 감소하는 장점이 있다.

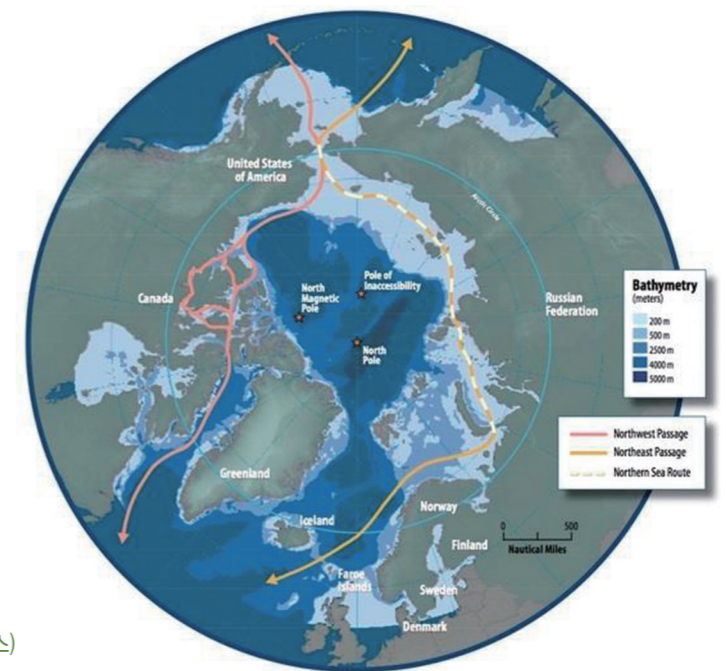
수소의 경우, 유럽을 중심으로 다수의 실증과제가 수행되고 있으며, 수소 운반선의 경우 일본, 호주에서 개발에 착수 하였다. 수소는 고에너지 밀도로써 효율이 좋은 장점이

있으나, 누출로 인한 폭발위험이 크며, 폭발압력과 압력 상승 속도가 높아 화재 시 안전기준을 강화할 필요성이 있다.

그동안 북극해 항로를 이용하려면 값비싼 쇄빙선을 동원해야 했기 때문에 해운사에 큰 경제적 부담이었다. 하지만 지구온난화로 바다 얼음이 녹으면서 경제성을 확보할 수 있는 길이 트인 셈이다. MAERSK社는 북극항로를 통해 컨테이너 운송의 가능성을 탐색하고 관련 데이터를 수집하여 최적의 항로를 개발한다고 밝혔다. 그러나 북극항로 이용의 증가는 환경에 대한 우려를 낳고 있다. IMO는 이에 따라 이 구역을 통과하는 선박들의 중유 사용을 금지하는 방안을 추진하고 있다.

따라서 앞으로 개발될 극지운항선의 경우, 북극 해양 생태계 교란을 막는 수처리 시스템, IMO 오염물질 배출 규제인 Tier III를 만족하는 친환경 선박으로 건조되어야 한다.

□그림 12. 현재 북극항로 (자료 : 위키미디어 코먼스)



IV. 우리나라의 대응 방향

우리는 친환경선박법과 대한민국 해양산업의 발전을 위한 플랫폼으로써의 극지운항선박의 역할과 극지 환경 보호를 위해 극지항해선박이 갖추어야 할 필수적 기능이 친환경기술임을 주지하여야 할 것이다.

최근 정부는 법률 제16167호 환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법을 시행하였다. 이 법률은 친환경적인 선박의 개발과 보급확대를 위한 법적 기반으로 마련하는 것이 목적이다. 친환경선박법은 공공선박의 친환경기술 보급 및 검증, 민간 선박으로의 보급 촉진 확대, 최종적으로 조선해운 경쟁력 확보가 연계되도록 하고 있다.

또한, 친환경선박법에서는 친환경선박의 개념의 기준을 아주 넓게 포함시키고 있다. 액화천연가스(LNG), 압축 천연가스(CNG), 메탄올, 수소, 암모니아, 전기 등 친환경 에너지를 동력원으로 하는 선박 모두 친환경선박으로 포함하였다.

북극해에서 활동하는 극지운항선박의 경우, 이러한

친환경 추진시스템을 적극적으로 도입해야 할 것이며, 이에 대한 정부의 지원 또한 매우 중요할 것이다.

친환경선박 기술의 적용을 연근해-대양-극지운항으로 확대함으로써 친환경 선박의 극지운항능력 확보와 가속화 되는 환경규제를 선제적으로 대응함으로써, 북극해에서의 활동성 확보라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있을 것이다.

조속한 시일 내에 극지운항선박의 친환경 기술 적용을 위하여, 보조금 등 정책 지원이 뒷받침될 것으로 기대한다.



V. 미래 전망

‘유라시아 지름길 북극항로’라는 제목의 글을 읽으면서, 북극항로에 선박의 활동에 따른 경제적 긍정적 효과와 환경보호와 연결된 부정적 영향을 고민했던 것이 10여 년 전이었다. 이제라도 극지운항선박에 친환경기술의 적극적인 도입과 정책적 지원으로 통해 향후 북극항로의 이용 및 북극자원 운송에 따른 경제적 효과를 누릴 수 있기를 기대한다.

북극 및 남극에 대한 각국의 환경보호 움직임과 경제 영토 확장 노력에 맞추기 위해서는 보다 적극적으로 기술 도입을 해야 할 것으로 보인다. 즉, LNG 추진선, 전기추진선,

대체연료 추진선 등을 국제해운 환경규제보다 더 조속히 적용하는 것이 경쟁력 확보의 길이라 생각한다.

향후, 북극항로를 운항하는 선박은 CO₂ 및 대기오염 물질 배출이 제로화되어야 할 것이며 경제적 운항능력 확보를 위해 선형의 최적화 및 복합소재 등을 활용한 구조 최적화도 이루어질 것이다.

또한, 유빙 등 북극해상 환경에 실시간으로 대응하기 위하여, 자율운항선박 기능의 탑재도 이루어질 것으로 예상된다.

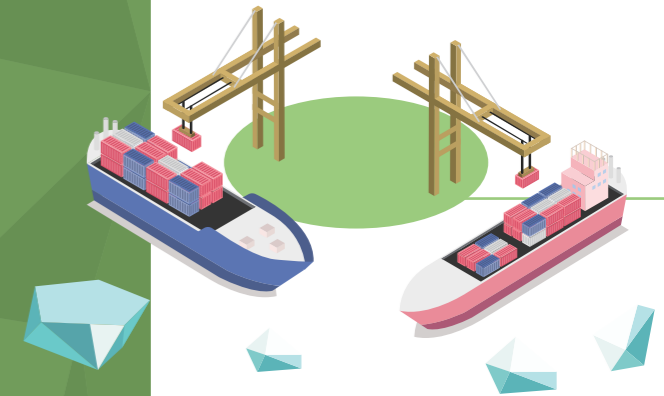
마치는 말

북극항로의 경제적 효과에 대한 이슈가 10여 년 이상이 되었으나, 북극항로 활용에 대하여 환경보호의 측면과 경제적 효과가 상충하고 있으며, 북극항로의 상업적 이용은 더디게 진행되고 있다. 또한 러시아는 북극항로에 대한 지배권을 확보하려고 시도하고 있다.

이런 상황의 해결책은 고도화된 친환경 선박의 북극항로 투입이 될 수 있다. 북극지역 해빙 가속화 및 대기오염 방지를 위해 LNG 추진선박, 전기추진선박, 탈탄소 대체연료 추진선박의 도입이 절실할 것이다.

또한, 경제적 북극항로를 이용하기 위한 에너지효율이 높은 선박의 투입(대빙선박, 쇄빙선박의 단점을 극복)은 북극항로 운항의 패러다임들 바꿀 수 있을 것으로 사료된다.

마지막으로 동아시아 해운 강국으로 발돋움하기 위한 요소로써, 북극항로 친환경 선박 기술 확보를 인식하고, 우리나라 정부의 적극적 지원 및 정책을 기대해본다.



참고문헌

1. 국내 문헌

- 대한민국 정부, “LNG 추진선박 연관산업 활성화 방안” 관계부처 합동, 2018.
- 대한민국 정부, “수소경제 활성화 로드맵” 관계부처 합동, 2019.
- 대한민국 정부, “제조업 르네상스 비전 및 전략” 관계부처 합동, 2019.
- 대한민국 정부, “조선산업 활력제고 방안” 관계부처 합동, 2018.
- 대한민국 정부, “조선산업 활력제고 방안 보완대책” 관계부처 합동, 2019.
- 대한민국 정부, “2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안” 관계부처 합동, 2018.
- 대한민국 정부, “제3차 녹색성장 5개년 계획 2019-2023” 관계부처 합동, 2019.
- 대한민국 정부, “제2차 기후변화대응 기본계획” 관계부처 합동, 2019.
- 대한무역투자진흥공사. 『글로벌 친환경 선박기자재 시장 동향 및 해외시장 진출전략』, 서울: 대한무역투자진흥공사, 2019.
- 대한조선학회 미래위원회. 『조선해양산업 중장기 미래 발전 전략, Volume I - 조선산업 분야』, 서울: 대한조선학회, 2017.
- 미래창조과학부 미래준비위원회. 『미래이슈 분석 보고서』, 서울: 미래창조과학부, 2015.
- 박한선 외. 『IMO 규제기반 해사산업의 지속발전방안 연구 - 신규 해사산업 진흥을 위한 법제도 개선방안 (2차년도)』, 부산: 한국해양수산개발원, 2018.
- 백인수 외. 『美 NIC 글로벌 트렌트 2035 : Paradox of Progress - 주요내용 및 시사점』, 서울: 한국정보화진흥원, 2017.
- 산업통상자원부, “제3차 에너지기본계획” 산업통상자원부, 2019.

- 안용성 외. 『국내 항만의 대기오염물질 관리정책 및 제도 개선방안』, 부산: 한국해양수산개발원, 2019.
- 양중서. 『그린쉽(Green-ship; 고연비·친환경 선박) - 조선산업의 새로운 도전과 기회』, 서울: 한국수출입은행, 2012.
- 이연경. 『일본의 녹색물류정책 및 연안해운 녹색선박 개발 추진 동향』, 부산: 한국해양수산개발원, 2011.
- 이주희 외. 『KMI 동향 분석 - ‘핵심 키워드’로 본 2017년 글로벌 해양수산』, 부산: 한국해양수산개발원, 2018.
- 이재명 외. 『부산시 수소산업 육성방안 - 수소선박을 중심으로』, 부산: 부산연구원, 2019.
- 조선·해양산업 인적자원개발위원회. 『2016년 조선·해양산업 인력현황 분석 보고서』, 서울: 한국조선해양플랜트협회, 2016.
- 중소벤처기업부. 『중소기업 전략기술로드맵 2019-2021, 조선』, 대전: 중소벤처기업부, 2018.
- 최광식. 『IMO_2020, “메이드인코리아, 신상”을 가지고 싶다』, 서울: 하이투자증권, 2018.
- 최윤희 외. 『미래산업을 둘러싼 메가트렌드와 우리 산업에의 시사점』, 세종: 산업연구원, 2015.
- 한국과학기술기획평가원. 『2019년도 예비타당성조사 보고서 - 자율운항선박 기술개발사업』, 음성: 한국과학기술기획평가원, 2019.
- 해양수산과학기술진흥원. 『자율운항선박 기술영향평가 결과』, 서울: 해양수산과학기술진흥원, 2018.
- 해양수산부. 『해양수산 미래비전 수립에 관한 연구』, 세종: 해양수산부, 2014.
- “해양플랜트 기자재 국제표준화로 혁신적 비용절감 추진” 『산업통상자원부』, 2018년 12월 19일.
- “친환경·스마트 선박, 위기의 한국 조선산업에 새로운 기회” 『산업통상자원부』, 2017년 2월 1일.

2. 외국 문헌

- Clarsons Research, The Shipbuilding & Shipping Forecast To 2030. London : Clarksons Research, 2019.
- Clarsons Research, Shipbuilding Forecast Club. London : Clarksons Research, 2019.
- Clarsons Research, The newbuilding market 2019-2031. London : Clarksons Research, 2019.
- Clarsons Research, Shipbuilding Forecast Club Tables. London : Clarksons Research, 2019.
- DNV GL, Maritime Forecast to 2050 - Energy Transition Outlook 2019. Hamburg : DNV GL - Maritime, 2019.
- DNV GL, Comparison of Alternative Marine Fuels. Hamburg : DNV GL - Maritime, 2019.
- ECORYS, Green growth opportunities in the EU shipbuilding sector. Rotterdam : ECORYS, 2012.
- ESPAS, Global Trends to 2030: Can the EU meet the challenges ahead?. Brussels : ESPAS, 2015.
- European Commission, LeaderSHIP. Brussels : European Commission, 2015.
- EY, Megatrends 2015, Making sense of a world in motion. London : EY, 2015.
- IMO, Third IMO Greenhouse Gas Study 2014. London : IMO, 2014.
- Lloyd's Register, Global Marine Technology Trends 2030. Southampton : Lloyd's Register, 2015.
- Martin Stopford, Maritime Economics - 3rd edition. New York : Routledge, 2009.
- OECD, OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016. Paris : OECD, 2016.
- The Ministry of Industry, Business and Financial Affairs of Denmark, Maritime Denmark - A global, maritime power hub. Copenhagen : The Ministry of Industry, Business and Financial Affairs of Denmark, 2018.

3. 기타자료

- <http://www.law.go.kr/법령/환경친화적선박의개발>

및보급촉진에관한법률

- <http://www.law.go.kr/법령/항만지역등대기질개선에관한특별법>
- <http://www.law.go.kr/법령/석유및석유대체연료사업법>
- <http://www.law.go.kr/법령/도시가스사업법>
- <http://www.law.go.kr/법령/해양환경관리법>
- <http://www.law.go.kr/법령/신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법>
- <http://www.law.go.kr/법령/항만운송사업법>
- <http://www.law.go.kr/법령/고압가스안전관리법>
- <http://www.law.go.kr/법령/선박안전법>
- <http://www.law.go.kr/법령/해운법>
- <http://www.law.go.kr/법령/조세특례제한법>
- <http://www.law.go.kr/법령/항만법>
- https://read.oecd-ilibrary.org/economics/the-ocean-economy-in-2030_9789264251724-en#page1
- <https://weeklywall.com/exhaust-gas-scrubber-market-advancements-2020-2026-qy-research/>
- <https://www.kitech.re.kr/webzine/view.php?m=01&idx=244>
- https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/10/30/2017103004268.html
- <https://safety4sea.com/westwood-new-trade-routes-to-support-demand-for-lng-carriers/>
- <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/autonomous-ships.asp>
- <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c895b0b3-fdf7-11e4-a4c8-01aa75ed71a1/language-en>
- <http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=27723&boardKey=10&menuKey=971¤tPageNo=1>
- https://www.kiat.or.kr/site/contents/public/index2_read.jsp?menuID=001008002&boardTypeID=314&boardTypeID=314&boardID=48376
- <http://www.h2news.kr/news/article.html?no=7109>
- <http://www.kotica.or.kr/bbs/board.php?tbl=infra>