

# NOW 일본 산업리포트

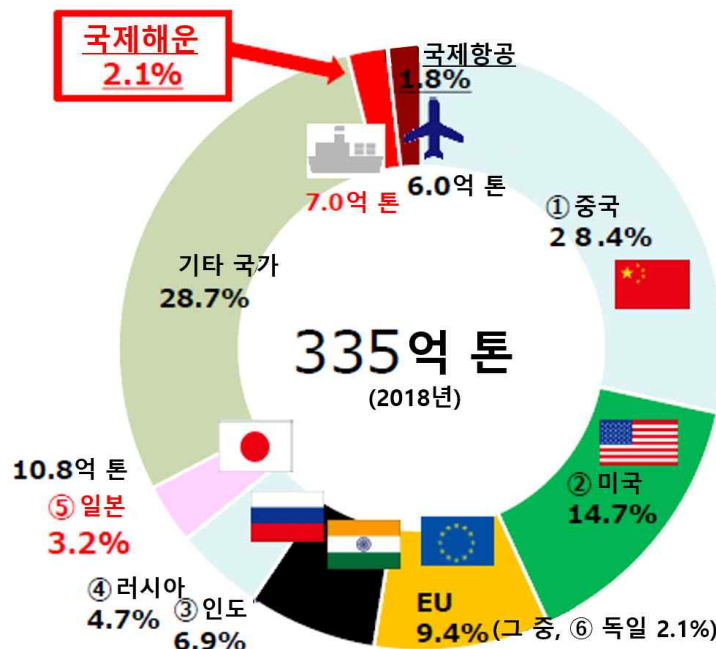
제로에미션 선박 실용화를 위한  
'차세대 선박 개발' 프로젝트

## 제로에미션 선박 실용화를 위한 ‘차세대 선박 개발’ 프로젝트

### 선박 산업의 중요성 및 과제

- 선박 산업은 국제 무역에서 핵심적인 역할을 담당하며, 전 세계 무역의 80%가 해운을 통해 이루어짐. 2020년 국제에너지기구(IEA)가 실시한 조사에 따르면, 2018년을 기준으로 국제 해운에서 발생한 CO2 배출량은 <그림 1>과 같이 약 7억 톤에 달하며, 이는 전 세계의 CO2 배출량의 2.1%를 차지함.

<그림 1> 국제 해운의 CO2 배출량



출처: 국토교통省 (2023) 『「次世代船舶の開発」プロジェクト

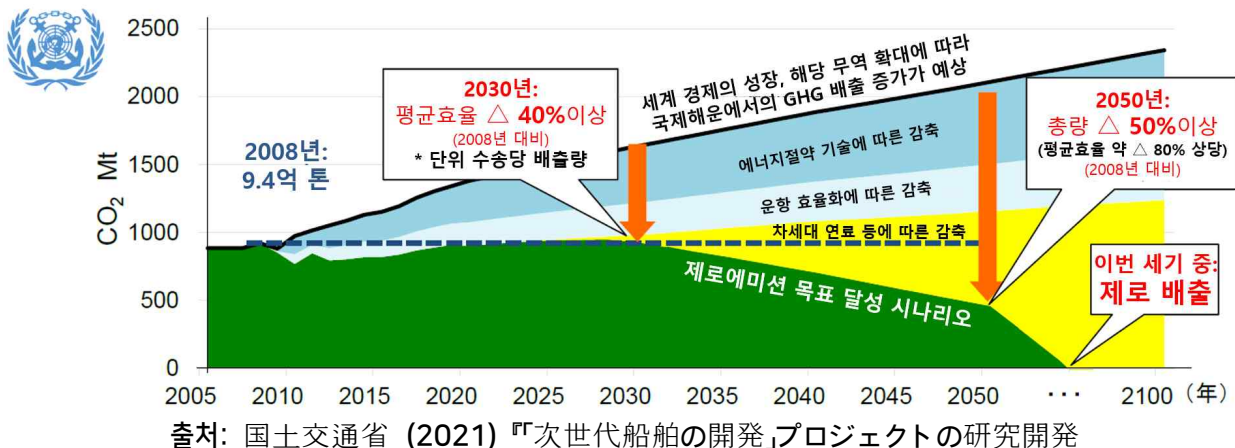
海運のカーボンニュートラルを取り巻く動きと追加研究開発について』자료에서 작성

- 세계 경제가 계속해서 성장함에 따라 해상 하동량이 증가하면서 해상 수송에 대한 수요도 계속해서 증가할 것으로 예측됨. 해상 수송은 필수 산업임에도 불구하고 이로 인해 발생하는 온실가스(GHG) 배출은 점차 증가하고 있음.
- 해운 산업에서 발생하는 CO2 배출량에 대한 대책을 강구하지 않으면 CO2 배출량은 점차 증가하여 2050년에는 이 수치가 약 21.2억 톤(전체 7%)에 이를 것으로 예상됨.

## 국제해사기구의 온실가스 감축 전략

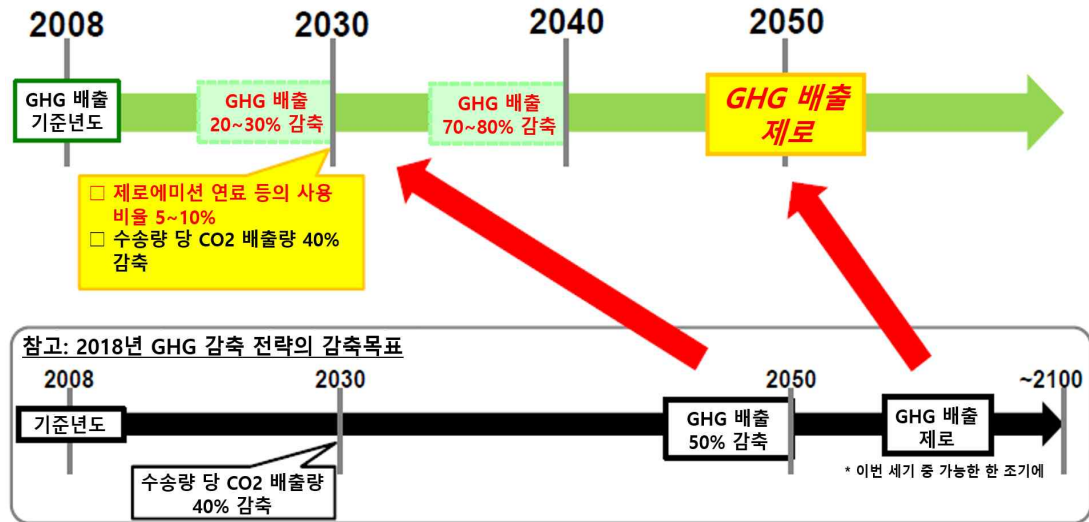
- 국제해사기구(IMO)는 해사 분야의 UN 전문기구로 해양 사고를 방지하고자 해상 안전과 선박 설비에 관해 무차별 원칙을 토대로 국제적 기준을 제정하고 각국의 이행 여부를 감독하는 기구임.
  - IMO는 2018년 해운 산업의 온실가스 배출량을 줄이기 위해 “GHG 감축 전략”이라는 강력한 규제를 도입하여 아래 3가지의 GHG 감축 목표에 합의함.
    - 국제 해운은 여러 나라가 관련되어 있어 GHG 배출에 대한 책임 관계가 복잡함. 따라서 GHG 감축 목표를 UN 기후변화협약이 아닌 IMO의 목표로 설정하고, 배출량은 국가 별이 아닌 국제 해운 전체로 계산함.
  - ① 2030년까지 평균 연비 40% 이상 개선 (2008년 대비)
  - ② 2050년까지 GHG 총배출량 50% 이상 감축 (2008년 대비)
  - ③ 이번 세기 중 가능한 한 조기에 GHG 배출량 제로
- 이는 전 세계 해운 업계가 직면한 중요한 과제이며, 각국 정부와 기업들은 이 목표를 달성하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있음. 이로 인해 수소, 암모니아, LNG를 연료로 사용하는 차세대 선박 개발이 온실가스 배출을 줄이기 위한 중요한 해결책으로서 부상하게 됨.

<그림2> 온실가스(GHG) 감축 전략



- 이후 2023년 7월, 동 전략을 개정하여 해운 산업에서의 온실가스 배출량 제로의 달성 시기를 2050년으로 앞당기면서 <그림 3>과 같이 전반적인 목표 달성 시기를 조정함. 각국은 이에 대응하고 달성하기 위해 다양한 기술 개발에 착수하고 연료 전환 및 에너지 효율 개선에 초점을 맞춤.

&lt;그림3&gt; 기존 “GHG 감축 전략”과 개정된 “GHG 감축 전략”



출처: &lt;그림1&gt;과 동일

## 선박 연료의 전환

- 현재 대다수의 선박은 중유를 연료로 사용하고 있으며, 이는 탄소배출의 주요 원인임. 최근 몇 년간 선박 연료가 급속하게 전환되면서 바이오 연료 혼합, LNG(액화천연가스), 메탄올과 같은 대체 연료가 도입되고 있으나, 이들 연료는 여전히 탄소를 포함하고 있어 완전한 대안이 되지 못함.
- 선박의 기존 연료인 중유는 CO2 배출량이 높지만 LNG, 수소, 암모니아 등과 같은 차세대 연료는 더 낮은 온실가스 배출을 가능하게 함. 따라서, 완전한 탄소 배출 제로를 실현하기 위해서는 차세대 연료의 개발과 보급이 필수적임.
- 특히 대형 선박의 경우 LNG, 암모니아, 수소와 같은 가스 연료의 도입이 기대되고 있으며, 소형 선박의 경우 배터리나 수소 연료 전지를 활용한 전기 추진 기술이 유망하다고 평가됨. 차세대 연료를 사용하는 차세대 선박은 온실가스 감축 외에도 경제적, 환경적인 이점을 제공함. 이러한 연료 전환은 단순히 환경 문제 해결을 넘어, 연료비 절감 및 에너지 자립과 같은 경제적 이점도 함께 제공할 것으로 기대됨.
- <표1>은 기존 연료와 차세대 연료를 비교한 것으로 각 연료는 CO2 배출, 비용, 상용화 수준에서 다양한 차이가 있음. 수소의 경우, 저장 및 운송이 어렵고 폭발 위험성이 높으며, 암모니아의 경우, 독성 및 부식성이 강해 안전한 연소 기술이 필요함. 또 LNG의 경우, 메탄 슬립(Methane Slip) 문제<sup>1)</sup> 해결이 필요함.

1) 가스 상태의 메탄이 대기 중에 방출되는 현상

&lt;표1&gt; 기존 연료와 차세대 연료 비교

연료	CO2 배출	비용	상용화 수준
중유	매우 높음	저렴	광범위하게 사용 중
LNG	중간	중간	상용화 진행 중
수소	없음	고가	개발 중
암모니아	없음	고가	개발 중
바이오 연료	낮음	중간	일부 상용화

출처: 国土交通省 (2023) 『グリーンイノベーション基金事業

「次世代船舶の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画』를 토대로 작성

- <그림4>는 해운 분야에서 탄소 중립을 위한 선박 연료의 향후 전환을 예상한 그림으로 대형 선박에서는 LNG, 암모니아, 수소 등의 가스 연료의 보급이 기대됨. 소형 선박은 배터리나 수소 연료 전지(FC)를 이용한 전기 추진이 보급될 것으로 예상됨.
- 한편, 중형 선박의 경우, 당분간 배터리와 발전기를 조합한 하이브리드 선박이 보급될 것으로 기대되며, 배터리와 수소 FC의 기술 발전과 비용 절감에 따라 이들 연료의 적용이 확대될 것으로 기대됨.

&lt;그림4&gt; 선박 연료의 전환 예상도



주) 급전이나 연료 공급 시설 등의 인프라나 경제합리성 등의 조건도 실제 적용 가능성에 크게 영향을 미침

출처: 国土交通省 (2024) 『海事産業の基盤効果について～現状と課題～』자료에서 작성

- 차세대 선박은 차세대 연료를 효율적으로 사용할 수 있도록 상기 과제를 고려한 기술 개발이 필수적임.



## 국제적 규제 및 정책 동향

- 일본, 미국, 독일 등은 온실가스 배출 제로 목표를 달성하기 위해 <표2>와 같이 대응책을 마련함.

<표2> 각국의 차세대 선박 관련 정책 및 도입 목표

국가	주요 정책
일본	제로에미션 선박 개발 로드맵
미국	수소 연료 추진 시스템 개발
독일	LNG와 암모니아 혼합연료 상용화
EU	제로에미션 연료 사용 비율 목표

출처: <표1>과 동일

## 일본의 차세대 선박 개발 전략

- 일본은 이번 세기 중의 제로에미션(무배출 시스템)을 위한 GHG 감축 시나리오 및 실현을 위해 2020년 3월 “국제 해운 제로에미션을 위한 로드맵”을 수립함.
  - 이 로드맵에서는 외항선의 수명을 고려하여 2030년부터 80% 이상의 효율을 개선한 선박을 투입할 계획이며, 개선된 선박을 투입함으로써 2050년까지 2008년 대비 CO2 총배출량을 50% 이상 줄이겠다는 목표를 설정함. 이러한 목표를 달성하게 되면 연간 약 5.6억 톤의 CO2 감축 효과가 있을 것으로 예상됨.
  - 이후 2023년 7월에 개정된 IMO의 전략을 반영하여 제로에미션 연료를 한층 더 활용할 필요성이 있다고 판단됨에 따라 일본이 세계를 선도하여 제로에미션 선박 도입을 추진하겠다는 관점에서 2028년까지 제로에미션 선박의 상업 운항을 목표로 삼음.
- 일본 정부와 기업들은 수소 연료 및 암모니아 연료의 개발에 대한 연구를 활발히 진행하고 있으며, 이를 기반으로 한 차세대 선박 개발을 추진하고 있음. 특히, 2030년까지의 단계적인 목표를 설정하여 기술 개발 및 실증을 지속적으로 이어나갈 계획임.

## 일본의 해상 수송 및 선박 산업 현황

- 바다로 둘러싸인 일본은 무역량의 99.6%가 해상 수송에 의존하고 있으며 자원이나 식료품 자급률이 낮아 안정적인 해상 수송 확보가 중요함.

- 일본의 조선업체들은 세계적인 경쟁력을 보유하고 있으며, 대부분의 선박용 기기는 지방에 생산 거점을 두고 있음. 지방권에서의 생산 비율이 90% 이상을 차지하고 있고, 1,000여 개의 사업소가 약 6만 명의 종업원을 고용하는 등 일본의 지역 경제와 고용에 긍정적인 영향을 미치고 있음.
- 일본의 조선업체들은 지속적인 기술 혁신과 연구개발을 통해 선박의 연비 개선과 환경친화적인 기술을 도입하고 있으며, 이를 통해 세계 시장에서도 경쟁력을 유지하고 있음. 특히, 일본 정부는 조선업계와 협력하여 제로에미션 목표를 달성하기 위한 정책적 지원을 아끼지 않고 있음.

### “차세대 선박 개발” 프로젝트 및 기대효과

- 일본은 “차세대 선박 개발” 프로젝트를 통해 국제 해운의 제로에미션을 실현하고자 2050년까지 제로에미션 선박을 상용화하고, 수소 및 암모니아 연료 선박의 기술력 확보를 목표로 하고 있음.
- 이 프로젝트를 진행함으로써 단기적으로는 2030년까지 약 33톤, 2050년까지 약 5.6억 톤의 CO2 감축이 가능할 것으로 예상하며, 이는 지구온난화 방지와 함께 경제적 파급효과를 기대하게 함.
- 또한, 이 프로젝트의 성공적인 수행은 <표3>와 같이 일본의 조선 및 해운업의 경쟁력을 강화하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대됨. 일본은 이 프로젝트를 통해 자국의 기술력을 세계적으로 알릴 수 있는 기회를 가지게 되며, 이를 기반으로 국제 시장에서의 입지를 강화할 수 있음.

<표3> “차세대 선박 개발”의 기대효과

구분	기대효과
선박용 공업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소/암모니아 엔진을 개발하여 세계 선도</li> <li>- 경쟁력 높은 제품을 해외/국내 조선소에 공급</li> </ul>
조선업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 선박을 개발하여 환경 기술 분야에서 세계 선도</li> <li>- 경쟁력 높은 선박을 해외/국내 조선 사업자에게 공급</li> </ul>
해운업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에미션 운항 노하우 획득에 따른 경쟁력 강화</li> <li>- 차세대 선박의 사회 실장에 따른 해운의 제로에미션</li> <li>- 지속가능발전 목표(SDGs)에 공헌</li> </ul>

출처: 国土交通省 (2021) 『「次世代船舶の開発」プロジェクトの研究開発  
社会実装計画 (案) について』를 토대로 작성

## □ “차세대 선박 개발” 프로젝트의 과제 및 문제점

- 한편, 제로에미션 선박에 사용될 것으로 예상되는 연료는 각각의 장단점이 존재함. 이로 인해 연료 선택에 대한 불확실성이 있으며, 제로에미션 선박이 본격적으로 투입될 2030년대에 수소 및 암모니아의 국제 공급 인프라가 구축될 수 있을지에 대한 의문도 존재함.
- 특히, 수소 연료는 생산, 저장, 운송 과정에서 안전 문제와 비용 문제가 중요한 고려 사항임. 다양한 연료 개발 옵션을 모색하고, 민간 사업자가 기술 개발에 착수할 수 있도록 지원하는 것이 필요함.
  - 일본은 이러한 기술 개발을 지원하면서 ‘수소 및 암모니아 공급이 확대될 시나리오’와 수소 및 암모니아 공급이 확대되지 않고 ‘LNG, 바이오메탄, 카본 사이클 메탄 공급이 확대될 시나리오’ 2가지를 설정함.
- 기존 선박 연료를 중유에서 가스로 전환하는 것은 필수적임. 이는 주요 선박 제품 개발에 있어 환경에 미치는 영향을 고려해야 하는 중요한 요소로 작용함. 또한, 새로운 연료 사용에 대한 규제와 안전 기준을 수립해야 하며, 이를 통해 선박의 안전성을 확보하는 것이 중요함.
- 차세대 선박에 관한 민간 기술개발과 안전성 실증을 가속하여 2028년보다 앞당겨 제로에미션 선박의 상업 운항을 실현하고 일본의 국제 경쟁력을 강화하여 세계 시장을 선도하며, 2050년에는 조선 및 해운업의 국제 경쟁력을 강화하고 해상 수송의 카본 뉴트럴을 실현시키는 것이 목표임.

## □ 일본의 차세대 연료별 기술 개발 현황

### 1. 수소엔진 개발 현황 및 과제

- 주요 목표는 선박의 제로에미션화를 달성하기 위해 수소 전소(傳燒)를 목표로 한 엔진, 연료 탱크, 연료공급 시스템과 관련된 요소 기술을 개발하는 것임. 2030년까지 수소 연료 선박의 실증 운항 완료를 목표로 하고 있음.
- 수소 연료 선박 엔진은 전 세계에 아직 존재하지 않으며, 육상 엔진에서도 소형 실험용 엔진에 대한 기초 개발이 시작된 단계임. 선박용 엔진은 육상 엔진보다 대형이고 출력이 높으며 파도에 의한 부하 변동이 심하므로 이러한 특수성을 반영한 별도의 기술이 필요함.
  - 중국에서는 소형 화물선에 수소 연료 전지 시스템을 탑재하는 프로젝트가 진행 중임.
  - 유럽은 여객선 산업이 강하여 여객선에 대한 수소 연료 전지 선박 개발에 대한 니즈가 높고, 여러 선박에서 수소 연료 전지를 탑재한 실증 운항하는 프로젝트가 활발하게 진행되고 있음.



- 수소 연료 선박은 최소 착화 에너지가 적고 최고 연소속도가 크며, NOx(질소산화물) 배출 증대나 노킹<sup>2)</sup>이 발생하는 등의 과제가 있어 이에 대한 대책이 필요함.
- 연소 제어와 관련된 연료공급시스템을 포함하여 배관이나 접합 부위 등의 누출 방지 대책, 화재 및 폭발 방지 대책, 수소취화로 인한 재료 열화 방지 대책 등의 안전대책이 필요함.
- 연료 소비, 탑재 공간 관점에서도 액체수소 이용이 기대되지만, 액화 상태에서도 부피가 기존 연료의 약 4.5배이므로 -253℃의 극저온 상태에서 공간 절약, 온도 관리, 저온 취화 방지 등의 안전대책을 고려한 액체 수소용 연료탱크 개발이 필요함.

## 2. 암모니아 엔진에 대한 각국의 개발 현황 및 과제

- 주요 목표는 GHG를 합리적으로 감축할 수 있는 범위에서 암모니아 연료 사용 비율이 높은 엔진과 연료공급 시스템을 개발하고 2028년까지 가능한 한 조기에 상업 운항을 실현하는 것임.
- 주요 연구개발 내용은 ① 암모니아 연료 엔진 개발, ② 암모니아 연료 탱크/연료 공급 시스템 개발, ③ 선박용 암모니아 연료 공급 체제 구축 (병커링 선박 개발)임.
- 암모니아 엔진은 전 세계에서 개발되지 않았으며, 독일 MAN社가 2019년부터 대형 암모니아 연소 엔진을 개발 중임.
- 한국은 2024~25년에 MAN社가 개발하는 암모니아 엔진을 탑재한 대형 선박 실용화를 목표로 삼고 있음.
- 암모니아 연소를 위해서는 높은 효율의 분사 및 연소제어 기술과 CO<sub>2</sub>보다 약 300배 온실효과가 있는 N<sub>2</sub>O의 발생 감축 대책이 필요함.
- 암모니아 엔진의 경우, 연소 제어가 가능한 연소공급 시스템을 포함하여 부패 식성, 독성 등의 문제가 있어 안전대책과 과제 해결이 필요함.

## 3. LNG 엔진 선박에 대한 개발 현황 및 과제

- 주요 목표는 온실효과가 높은 메탄의 배출량 감축을 위해 LNG 연료 엔진에 대해 촉매 방식과 엔진 개발 방식의 메탄 슬립 대책 기술을 개발하고, 2026년까지 LNG 연료 선박 메탄 슬립 감축률 60% 이상을 실현하는 것임.
- 주요 연구개발 내용은 메탄 슬립을 극적으로 감축시키는 엔진 기술 확립임.

2) 엔진이 이상연소를 일으키는 현상

- LNG 연소 선박은 수소 및 암모니아 연소 선박보다 선행하여 이미 상용화되었음. 그러나 제로 에미션을 달성하기 위해 메탄 슬립을 극적으로 줄이는 기술 개발이 필요함. 이를 위해 촉매 방식과 엔진 개량 방식이 필요하지만, 현재 각 방식의 적용 가능성이 불확실하므로 두 가지 모두 개발이 필요함.
- 메탄은 CO2보다 약 25배 강한 온실효과가 있으므로 향후 IMO에서 메탄 슬립에 관해 국제기준에 대한 논의 시작될 것으로 예상함.

## 국제해사기구(IMO)의 규제 현황

- IMO에서는 신조선에 대한 연비 성능 규제인 EEDI(Energy Efficiency Design Index)를 도입하여 규제 값을 단계적으로 강화하고 있음.
- 그러나 기존 선박에 대한 GHG 배출규제가 없고, 환경성능이 뛰어난 신조선으로의 교체만으로는 부족함. 따라서 기존 선박에 대한 연비 규제를 정비하고 성능이 쇠퇴한 선박의 신조선 교체를 촉진할 필요성이 있음.
  - 2021년 6월 IMO는 기존 선박의 연비 성능 규제(EEXI: Energy Efficiency Ship Index) 및 연비 실적 등급 제도를 개정함. 이에 따라 2023년 1월부터 기존 선박에 신조선급 연비 기준이 의무화되면서 등급 제도에 따라 에너지 절약 및 CO2 감축 선박으로의 교체에 인센티브를 부여함.
- 저인화점 연료를 사용하는 선박의 안전에 대한 국제 규제가 있어 LNG 연료 선박에 대한 안전 기준은 마련되어 있으나, 수소나 암모니아에 대한 상세한 안전 규제는 현재 존재하지 않음.
- 액화 가스 운송을 위한 국제 규제에 따라 현재 암모니아 화물로 운반하는 선박에서 화물의 암모니아를 연료로 사용하는 것은 금지됨. 따라서 수소나 암모니아를 연료로 도입하기 위해서는 안전을 확보하면서 이를 사용할 수 있도록 안전 규제를 개정할 필요가 있으며 선원 기능에 관한 기준 정비의 필요성도 검토해야 함.

## 차세대 선박 개발에 대한 세계 각국의 동향

- 한국은 삼성 중공업과 대우조선해양이 암모니아 연료 선박을 상용화하기 위해 개발 중임.
- 독일은 세계 최대 선박 엔진 업체인 MAN社가 암모니아 연료의 대형 엔진 개발에 착수하였고, 2023년 7월 단기통 연소실험에 성공함. 이에 따라 빠르면 2024년까지 상업화를 목표로 하고 있으며 2025년까지는 기존 선박을 개조하기 위한 패키지를 제공할 계획임.

- 노르웨이는 Havyard社, Wilhelmsen社 등이 수소 연료전지 페리 프로젝트를 진행 중임.
- 스위스는 WinGD社가 2023년 1월 벨기에의 CMB.tech社와 암모니아 연료의 대형 엔진 개발을 위해 협정을 체결함. 이 엔진은 2025~26년경에 시공될 대형 산적화물선에 탑재하는 것이 목표임.
- 핀란드는 Wartsila社가 2023년 11월 GHG 배출을 70% 감축할 수 있는 암모니아 연료 대형 선박에 대해 2024년에 계약을 체결하는 것으로 목표로 함. 또한, 수소 전소 엔진의 컨셉을 2025년 내로 완료할 계획임.
- 중국은 중국 선박 집단이 내륙 운하 항행을 위한 수소 연료 전지 화물선의 실증을 진행 중임.

## 차세대 선박 관련 각국의 정책 및 기술 동향

- 한국은 암모니아 연료 선박에 대해 정부가 지원 중임. 2021~25년 5년간 암모니아와 LNG 혼합 연소 엔진 기술개발 및 실증을 위해 한국 정부가 국비 364억 원 투자함. 또, 2025년까지 중소형 선박용 암모니아/LNG 연소 엔진 개발과 해상 실험 및 실증, 안전성 평가 등을 위한 연구 인프라를 구축할 목표임.
- 독일, 네덜란드, 유럽은 수소 연료 선박에 대해 정부가 지원 중임. 2024년까지 네덜란드 로테르담과 독일 두이스부르크 항구를 10~15척의 수소 연료 선박으로 운항할 계획임. 이는 네덜란드와 독일 정부가 참가하고 EU가 지원함.
- 노르웨이와 유럽은 수소 연료 전지 선박에 대해 정부가 지원 중임. 연료 전지 시스템을 탑재한 신조선 건조, 액체수소 제조 등을 포함한 연료 공급망 구축을 목표로 함. 이는 노르웨이 정부 기관인 ENOVA가 2,500만 달러를 지원하고, EU에서 약 800만 유로를 지원함.
- 미국도 수소 연료 전지 선박에 대해 정부가 지원 중임. 샌프란시스코 만에서 연료전지를 탑재한 페리를 운항하는 프로젝트(SF-BREEZE)가 진행 중이며, 미국 해사국이 50만 달러를 조성함.
- 그 외에도 유럽은 배터리 선박 개발에 대해 지원 중임. 노르웨이에서 2022년에 실증 실험이 실시될 예정으로 EU가 약 1,200만 유로를 지원함.

## 일본의 차세대 선박 개발의 한계

- 일본의 차세대 선박 개발에는 ①연료 선택의 불확실성, ②인프라 구축의 미비, ③안전성 문제, ④비용 부담, ⑤기술 개발이 아직 초기 단계라는 한계가 있음.

- 수소와 암모니아 같은 차세대 연료는 높은 가능성을 가지고 있지만, 각각의 장단점으로 인해 연료 선택에 대한 불확실성이 존재함.
- 2030년대 본격적으로 제로에미션 선박이 투입되기 위해서는 수소 및 암모니아의 국제 공급망 인프라가 필요하지만, 이를 구축하는 데 시간이 걸리고 비용 부담이 큼.
- 수소와 암모니아 연료의 사용은 폭발, 부식 등의 안전 문제가 동반되며, 이를 해결하기 위한 규제와 기술이 아직 완벽하게 마련되지 않은 상태임.
- 수소와 암모니아 연료는 기존 중유에 비해 비용이 매우 높으며, 이를 상용화하고 기술 개발을 추진하는 데 막대한 투자가 필요함.
- 수소 및 암모니아 엔진 기술은 아직 개발 초기 단계에 있어 상업적 사용을 위한 신뢰성 확보까지 많은 시간이 필요

## 한국에 대한 시사점

- 한국의 차세대 선박 개발에는 ①적극적인 기술 개발과 국제 협력, ②안전 기준 강화 및 규제 정비, ③환경 규제에 대한 선제적 대응 등이 필요함.
- 일본, 유럽, 미국 등과의 협력을 강화해 차세대 선박 연료와 관련된 국제적인 연구 개발 네트워크를 구축할 필요
- 정부와 민간이 협력하여 국내 수소 및 암모니아 저장 및 운송 인프라를 조성하고, 이를 통해 선박 운용 시 차질 없는 연료 공급 체계를 마련하는 것이 필수적임
- LNG와 바이오 연료 기술을 병행 개발하여, 차세대 연료가 본격적으로 도입되기 전까지 탄소 중립 목표를 달성할 수 있는 유연한 대안책을 마련할 필요 있음.
- 선박의 안전성을 담보하기 위한 국내 안전 규제 및 기술 표준을 강화해야 하며, IMO의 규제 변화에 선제적으로 대응할 수 있는 법적 및 기술적 장치를 마련

## <참고문헌>

- 국토交通省 (2021) 『「次世代船舶の開発」プロジェクトの研究開発社会実装計画 (案) について』
- 국토交通省 (2023) 『「次世代船舶の開発」プロジェクト海運のカーボンニュートラルを取り巻く動きと追加研究開発について』
- 국토交通省 (2024) 『「次世代船舶の開発」プロジェクト海運のカーボンニュートラルを取り巻く動き』
- 국토交通省 (2023) 『グリーンイノベーション基金事業「次世代船舶の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画 』
- 국토交通省 (2024) 『海事産業の基盤効果について～現状と課題～』