

# Bio 연료와 암모니아, 선박대체연료로서의 불확실성을 어떻게 극복할 것인가?

2023. 11. 08. | 수 | 14:00~17:20

한국선급(부산본사) 3층 오션홀



주 최

**MNI** (사)해양산업통합클러스터(MacNet)

지 원

**부산광역시**  
BUSAN METROPOLITAN CITY

**KR**  
KOREAN REGISTER



## 인사말

---

안녕하십니까? 해양산업통합클러스터(맥넷) 회장 이형철입니다.

먼저 해양산업계의 핫 이슈인 선박의 친환경 대체연료에 대하여 심층 진단해 보는  
오늘의 세미나를 매우 뜻 깊게 생각하며, 바쁘신 가운데 오늘 이 자리에 참석해주신  
해양산업계 종사자 여러분 모두에게 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

IMO는 올해 7월 개최된 MEPC 80차에서 국제해운의 탄소중립 실현을 위한  
탈탄소 목표를 2050년까지 Net-Zero로 상향 조정하였습니다.

해운업계는 목표 달성을 위한 다양한 대체연료 중 기술적 장·단점,  
생산과 공급 및 가격 예측의 어려움, 벙커링 인프라 등의 불확실성으로  
최적의 선택에 많은 어려움을 겪고 있는 것으로 알고 있습니다.

이러한 난관에도 전문가들은 Bio 연료가 기존의 화석연료와 혼합하여  
현존선의 탄소집약도를 효과적으로 낮출 수 있고, 암모니아는 탄소중립을 달성하기 위한  
보편적인 선박연료가 될 것으로 전망하고 있습니다.

그러나 Bio 연료는 해운산업의 수요에 비해 충분하지 못한 공급의 불확실성과,  
암모니아는 독성과 부식성 등의 기술적인 문제를 우선적으로 해결하는 것이 급선무일 것입니다.

오늘 세미나는 Bio 연료와 암모니아의 생산과 공급, 엔진 개발 현황 및 선박실증  
그리고 해운산업이 Net-zero 달성을 위한 최적의 해법을 고민하는 자리인 만큼  
실질적이고 의미있는 방안이 제시되기를 기대합니다.

감사합니다.

(사)해양산업통합클러스터·한국선급 회장

이형철





# CONTENTS

## | 제 1세션 | Bio 연료

제1주제 :: 바이오연료 현황과 전망 .....	07
GS칼텍스 차형민 팀장	
제2주제 :: 바이오연료 선박 사용 관련 국제 규정 및 기술 이슈 .....	17
한국선급 문건필 팀장	
제3주제 :: 바이오연료 선박 활용 및 실증 .....	31
HMM R&D팀 서대식 책임매니저	

## | 제 2세션 | 암모니아 연료

제4주제 :: 암모니아 생산과 공급 전망 및 산업계 수요 분석 .....	43
롯데정밀화학 권준경 수석	
제5주제 :: 4행정 암모니아 엔진 개발 현황 .....	53
HD한국조선해양 김기두 상무	
제6주제 :: 2행정 암모니아 엔진 개발 현황 .....	63
MAN Energy Solutions 차상배 부문장	



주제발표 1

---

## 바이오연료 현황과 전망

GS칼텍스 차형민 팀장





# 바이오 연료 현황과 전망

---

'23. 11. 8.



## 목 차

---

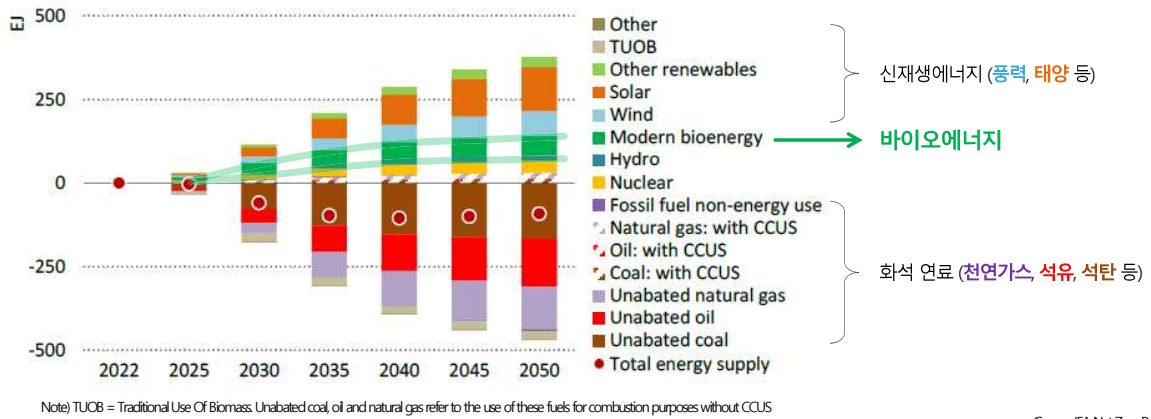
- 01** 전체 에너지원 중 바이오에너지
- 02** 바이오에너지 중 액체 바이오연료
- 03** 수송 부문별 바이오연료 시장 전망
- 04** GS칼텍스 B30 바이오선박유



## 1. 전체 에너지원 중 바이오에너지

- 화석 연료의 사용 감소와 재생가능에너지(태양, 풍력, 바이오 등)의 사용 증가로 2050년 에너지원의 상당 부분이 재생가능에너지로 전망됨
- 바이오에너지는 친환경 에너지 전환의 주요 축으로써, 전체 에너지 공급에서 차지하는 비중이 현재 6%에서 2030년 13%, 2050년 18%로 증가 예상함

[ 2022년 기준 2050년까지의 에너지원 변화 ]

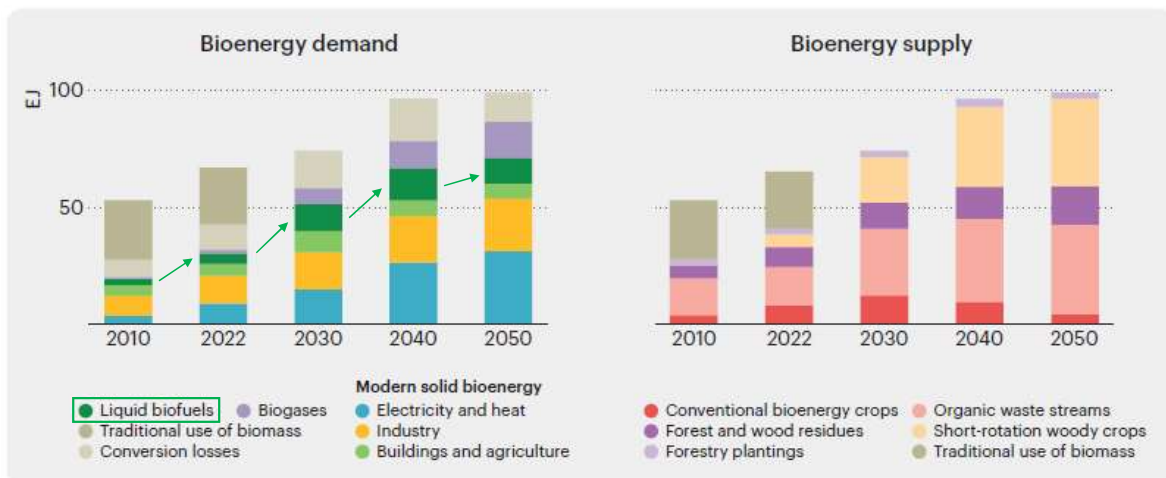


3

## 2. 바이오에너지 중 액체 바이오연료

- 바이오에너지는 다양한 부문에 사용되며, 특히 수송 부문의 액체 바이오연료가 현재 4%에서 2030년 10% 이상으로 확대될 것으로 예상됨

[ 부문별 바이오에너지 수급 전망 (~2050) ]



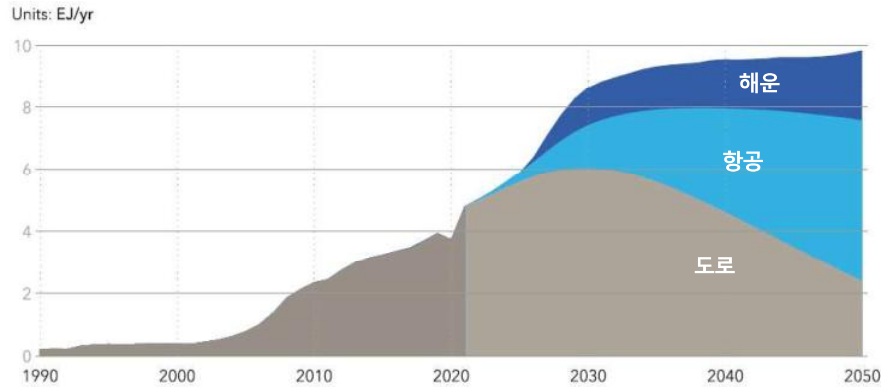
(Source: IEA Net Zero Roadmap 2023)

4

### 3. 수송 부문별 바이오연료 시장 전망

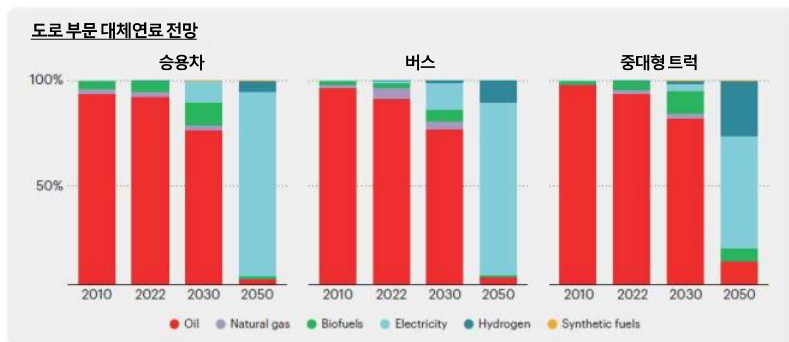
- 전체 수송 부문의 바이오연료 사용량은 2030년까지 지속 증가 후, 2050년까지는 증가세가 완만해질 것으로 전망함
- 도로 부문의 바이오연료 수요는 전기차의 보급으로 빠르게 축소될 것으로 예상되나, 상대적으로 전동화가 어려운 항공 및 해운 부문의 바이오연료 수요는 2050년까지 지속 증가하여 중장기 바이오연료의 주요 시장이 될 것으로 판단됨

[ 수송 부문별 바이오연료 사용 전망 (~2050) ]



(Source: ETO 2030 - Transport in Transition, DNV)

### 3-1. 바이오연료의 역할 : 도로 부문



- 2030년까지는 도로 부문의 바이오연료 사용이 11%까지 증가할 것으로 예상함
- 단, 전기차 및 수소차의 확대가 가속화되며, 2050년에는 전기/수소차의 비중이 90%로 전망되고, 이에 따라 바이오연료 비중은 3%로 감소 전망함

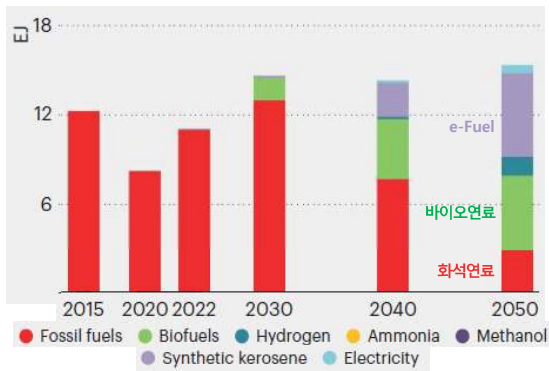
Milestones	2022	2030	2035	2050
<b>Sales share of plug-in hybrid, battery and fuel cell electric vehicles</b>	13%	70%	98%	100%
Two/three-wheelers	16%	78%	100%	100%
Cars and vans	13%	67%	100%	100%
Buses	4%	56%	90%	100%
Heavy trucks	1%	37%	65%	100%
<b>Alternative fuel shares</b>	5%	20%	36%	93%
Biofuels	5%	11%	12%	3%
Electricity	0%	8%	22%	74%
Hydrogen	0%	1%	2%	16%
<b>Fuelling infrastructure</b>				
Electric vehicle public charging points (million)	3	17	18	31
Hydrogen refuelling stations (thousand)	1	12	15	46

(Source: IEA Net Zero Roadmap 2023)

### 3-2. 바이오연료의 역할 : 항공 부문

- 항공 부문에서는 2030년까지 바이오연료 이외의 다른 대체연료는 현실적으로 부재한 상황임
- 2050년에는 재생가능한 전기로 생산된 e-Fuel 사용이 37%까지 증가하고, 바이오연료도 33%까지 지속적으로 증가할 것으로 예상함

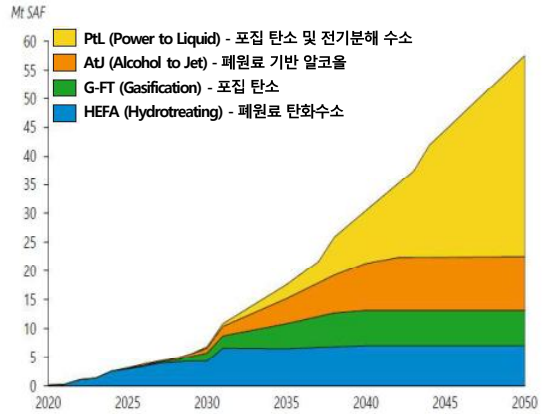
[ 항공 부문 대체연료 전망 (~2050) ]



Milestones	2022	2030	2035	2050
<b>Aviation</b>				
International and domestic aviation activity (trillion passenger-kilometres)	6.0	10.9	11.4	16.5
Avoided demand from behavioural measures	0%	9%	14%	20%
<b>Share in final energy consumption</b>				
Biofuels	0%	10%	22%	33%
Synthetic hydrogen-based fuels	0%	1%	4%	37%

(Source: IEA Net Zero Roadmap 2023)

[ 항공 부문 바이오연료 Mix 전망 (~2050) ]

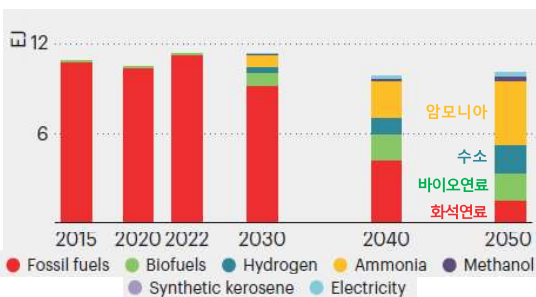


(Source: SkyNRG 2022)

### 3-3. 바이오연료의 역할 : 해운 부문

- 해운 부문에서는 2030년까지는 바이오연료가 다른 대체연료 대비 빠르게 확대되어 8% 수준까지 증가 예상됨
- 2050년에는 바이오연료, 수소, 암모니아, 메탄올 등으로 Energy Mix가 예상되며, 그 중 바이오연료의 비중은 19% 수준으로 전망함

[ 해운 부문 대체연료 전망 (~2050) ]



Milestones	2022	2030	2035	2050
<b>Shipping</b>				
International shipping activity (trillion tonne-kilometres)	125	145	165	265
<b>Share in final energy consumption</b>				
Biofuels	0%	8%	13%	19%
Hydrogen	0%	4%	7%	19%
Ammonia	0%	6%	15%	44%
Methanol	0%	1%	1%	3%

(Source: IEA Net Zero Roadmap 2023)

[ 해운 부문 vs 항공 부문 ]

가격	대체연료	해운 부문	항공 부문
Low	FAME Biodiesel	사용가능	사용불가
	HVO/SAF	상황에 따라 사용가능	사용가능
	그 외 대체연료	암모니아/메탄올/수소	AtJ-SAF
High	e-Fuel	미래에 사용가능	미래에 사용가능

(Source: IEA Net Zero Roadmap 2023)

### 3-3. 바이오연료의 역할 : 해운 부문

- 기술의 상용화 시점, 취급시 안전 그리고 친환경 원료 확보 및 공급망 구축 등에 대한 투자 비용까지 감안했을 때, 향후 10~20년간 바이오선박유는 해운 부문의 주요 저탄소 연료로서 중요한 역할을 담당할 것으로 예상됨

[ 선박 대체 연료 비교 ]

	LNG	LPG	메탄올	바이오연료	암모니아	수소
엔진 기술	상용화	2-stroke 엔진 상용화 4-stroke 엔진 개발중	2-stroke 엔진 상용화, 4-stroke 엔진 개발중	기존 엔진 사용	최소 2025년 후 개발	최소 2028년 후 개발
공급망 구축	일부 항만 사용중	일부 항만 사용중	연료 생산지 위주 사용중	기존 인프라 사용 가능	앞서 초기 실증 운항 필요	앞서 초기 실증 운항 필요
에너지 효율	MGO 대비 1.8배 필요	MGO 대비 1.5배 필요	MGO 대비 2.5배 필요	기존 FC와 유사	낮은 농도에서도 높은 독성 및 부식성	높은 가연성 및 폭발성
안전	무독성, 낮은 인화점	무독성, 낮은 가연성으로 누출 위험	낮은 인화점	기존 FC와 유사	개발중	개발중
기존 연료 대비 친환경성	CO2 배출 소폭 감소	CO2 배출 소폭 감소	CO2 배출 감소	Blended Biofuel의 원료에 따라 다름	NOx, N2O 배출 최소화 필요	생산 방법 및 원료에 따라 다름
비교	Methane Slip 방지 필요	Bio-, e- 전환 옵션 없음	신재생, 바이오 기반 원료 필요		저온 보관 및 안전 문제 해결 필요	제조시 신재생 전기 사용 필요, 극저온 저장 비용 고안해야

(Source: Alternative Fuels Outlook for Shipping, Bureau Veritas, 22/9)

### 4. GS칼텍스 B30 바이오선박유

- GS칼텍스는 B30 (Bio-HSFO) 바이오선박유를 9월부터 공급 시작했으며, 친환경 국제 인증 등을 갖추고 산업부의 바이오선박유 실증 사업에 참여 중임. MEPC80 이후 Scrubber를 장착한 선박들의 탄소 배출 감축을 위해 국내외 선사들과 협력을 확대해가고 있음

#### GS칼텍스, 바이오연료 ISCC EU 친환경 인증... 국내 정유사 최초

입력 2023.08.08 오전 8:10 · 수정 2023.08.08 오전 8:17 · 기사원문

HOME · 전국 · 영남

#### 친환경 '바이오 선박유', 울산항서 자동차 운반선 첫 공급

#### GS칼텍스-포스코-에이치라인해운, '바이오선박유' 사업 추진에 맞손

입력 2023.10.05 오전 8:57 · 수정 2023.10.05 오후 3:39 · 기사원문

#### GS칼텍스·HMM, 바이오 선박유 넣은 컨테이너선 첫 시범 운항(종합)

입력 2023.09.15 오전 9:15 · 수정 2023.09.15 오후 3:37 · 기사원문

| 일반 선박유 70%에 바이오 디젤 30% 혼합...GS칼텍스, HMM에 공급



## 첨부1) GS칼텍스 바이오선박유 참고자료

Proof of Sustainability (ISCC EU의 친환경성 입증 문서)

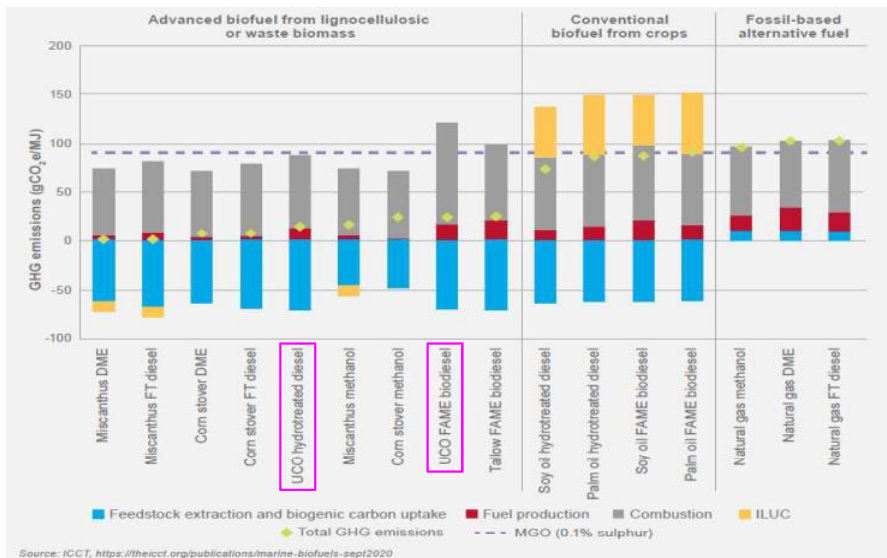
Biofuel Delivery Statement (친환경성 입증 문서, TBD)

11

## 첨부2) 대체 연료 별 탄소 저감량

- 생산방법 및 원료에 따라 탄소 저감량이 달라짐. 특히, 작물 기반 연료 및 화석연료 기반 대체연료는 GHG 배출 감축 효과가 크지 않음

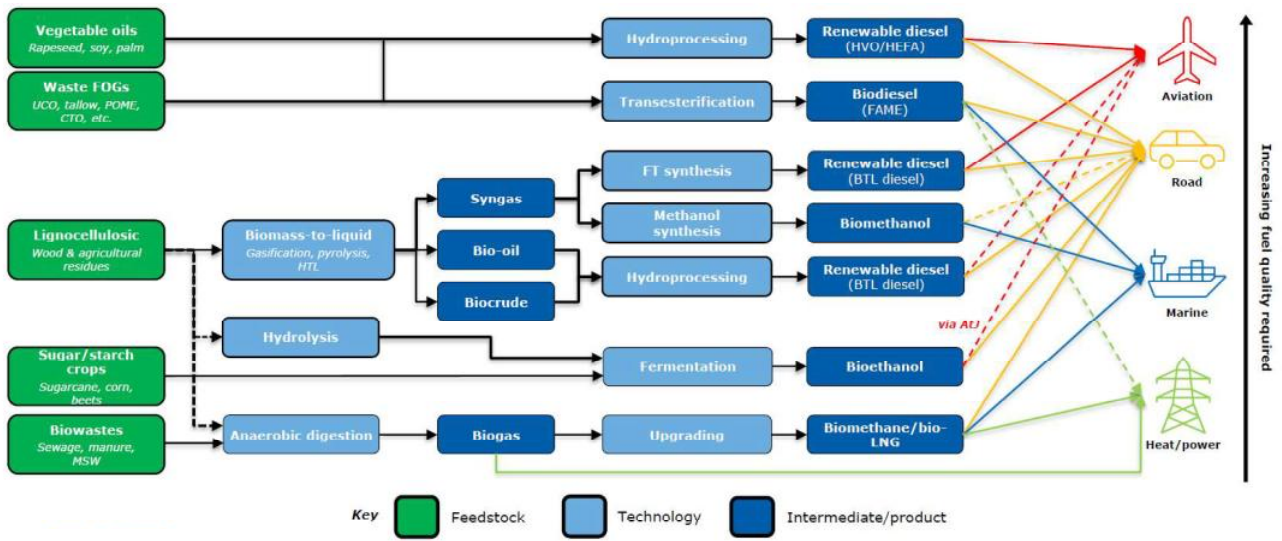
[ 대체 연료 별 Life-cycle GHG 배출 (100-year GWP) ]



(Source: Alternative Fuels Outlook for Shipping - Bureau Veritas, 2019)

12

### 첨부3) 원료 및 기술에 따른 바이오연료 생산



(Source: Argus Presentation)

### 첨부4) 글로벌 폐원료 Availability

- 2030년 글로벌 폐원료 Availability는 연간 총 38~53백만톤 수준으로 전망됨

Availability of waste and residue<sup>1</sup> feedstocks – regional split in 2030



(Source: Neste, 2023)





주제발표 2

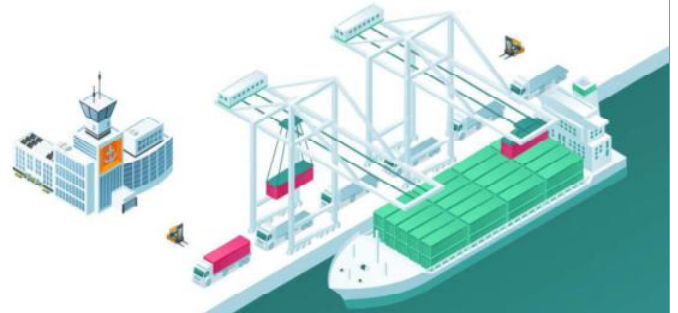
---

**바이오연료 선박 사용 관련  
국제 규정 및 기술 이슈**

한국선급 문건필 팀장



# Navigating biofuel utilization in shipping sector: Global regulations and Technological challenges



Gunfeel Moon  
Alternative fuel technology research team  
Korean Register



## CONTENTS

### 1 Introduction

1. Global(IMO) GHG regulations
2. Local(EU) GHG regulations
3. Analysis of CII rating

### 2 Biofuel as an alternative marine fuel

1. Alternative marine fuel
2. Characteristics of biofuel for ships
3. Precautions when using biofuel
4. Case study

### 3 Summary and suggestion

Appendix



# 1

## Introduction

1. Global(IMO) GHG regulations
2. Local(EU) GHG regulations
3. Precautions when using biofuel

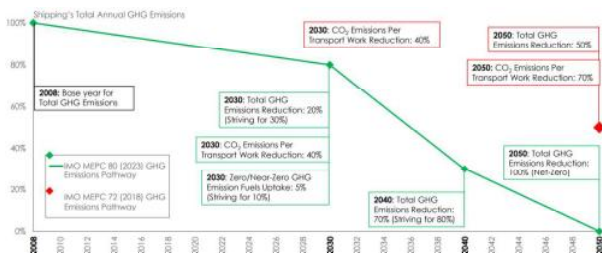


## Global(IMO) GHG regulation



### ◆ IMO GHG Strategy(through MEPC 80th session)

- ✓ GHG emissions to reach net zero by (close to) 2050
  - Indicative checkpoints:
    - Reduce GHG emissions by at least 20% by 2030
    - Reduce GHG emissions by at least 70% by 2040
- ✓ Zero/near zero tech./fuel/energy source uptake at least 5% by 2030 (striving for 10%)
- ✓ Agreement of a plan to develop and finalize mid-term GHG emissions reduction measures
- ✓ Approval of interim guidance on biofuels (MEPC.1/Circ.905)
  - Pending the development of the comprehensive method to account for well-to-wake GHG emissions
    1. Satisfies the Sustainability Criteria according to the international certification system
    2. Reduction of more than 65% compared to 94 gCO<sub>2eq</sub>/MJ of WTW GHG emissions of MGO fuel (i.e. achieving an emissions intensity not exceeding 33 gCO<sub>2eq</sub>/MJ)
    3. CF<sub>biofuel</sub>: Certified value multiplied by its LCV (For blends, the CF should be based on the weighted average of the CF for the respective amount of fuels by energy)
    4. In any case, CF value of biofuel: >0 (CF<sub>uncertified biofuel</sub> = CF<sub>fossil fuel</sub>)
    5. Interim guidance revoked upon greenhouse gas methodology implementation via LCA guidelines.

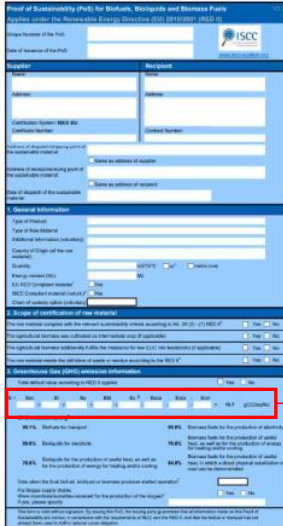


Source: Clarksons Research, September 2023, Fuelling Transition: Tracking the economic impact of emission reductions and fuel changes.

# Global(IMO) GHG regulation



## ◆ Confirmation of conversion factor of biofuel and its blends



1. Confirmation of whether or not the sustainability criteria are met through an international certification scheme



2. Confirmation of the WtW GHG intensity value

$$E = E_{ec} + E_l + E_p + E_{ld} + E_u^B - E_{cs} - E_{ccr} = 26.48 \text{ gCO}_2\text{eq/MJ}$$

3. Check the calorific value of the biofuel, 0.0375 MJ/g\*  
\* EU RED II Annex III, FAME's value

4.1 Determination of CO<sub>2</sub> conversion factor of biofuel

$$\begin{aligned} CF_{B100} &= E(\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}) \times \text{LHV} (\text{MJ}/\text{g}) \\ &= 26.48(\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}) \times 0.0375 (\text{MJ}/\text{g}) \\ &= 0.993 \end{aligned}$$

4.2. CF Calculation of Biofuel Blends (70% HFO + 30% Biofuel)

Fuels	Blending Ratio	CF	Fuel cons.(ton)	LCV(MJ/kg)
HFO	70%	3.114	6515.3	40.2
Biofuel	30%	0.993	2792.3	37.5

$$\begin{aligned} CF_{B30} &= \frac{LCV_{HFO} \times \text{Cons}_{HFO} \times CF_{HFO} + LCV_{Bio} \times \text{Cons}_{Bio} \times CF_{Bio}}{\text{Energy}_{HFO} + \text{Energy}_{Bio}} \\ &= \frac{\text{Energy}_{HFO} \times CF_{HFO} + \text{Energy}_{Bio} \times CF_{Bio}}{\text{Energy}_{HFO} + \text{Energy}_{Bio}} = 2.508 \end{aligned}$$

5

# Local(EU) GHG regulation



## ◆ EU ETS

- ✓ Applied ships: Ships with 5,000 GT from 2024 (Inclusion of 400-5,000 GT to be evaluated in 2025)
- ✓ GHG emissions: CO<sub>2</sub> from 2024 (Include CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O in EU ETS from 2026)
- ✓ CO<sub>2(e)</sub> calculation method: Tank to wake
- ✓ Voyages: 100% of intra-EU voyages  
50% of extra(in/out)-voyages

EU ETS	2024	2025	2026
CO <sub>2</sub> cost from 2020 base levels (tank to wake)	40%	70%	100%

- ✓ Biofuel certified under EU RED's criteria : CO<sub>2</sub> considered zero

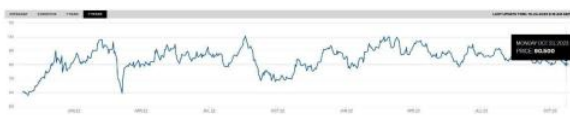


Image source: www.ice.com

## ◆ FuelEU Maritime

- ✓ Applied ships: Same as EU ETS
- ✓ GHG emissions: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O
- ✓ CO<sub>2e</sub> calculation method: Well to wake (whole life cycle)
- ✓ Voyages: Same as EU ETS

Year	GHG Intensity Limit (gCO <sub>2eq</sub> /MJ)
Reference	91.16
From 2025	89.34(-2%)
From 2030	85.69(-6%)
From 2035	77.94(-14.5%)
From 2040	62.90(-31%)
From 2045	34.64(-62%)
From 2050	18.23(-80%)

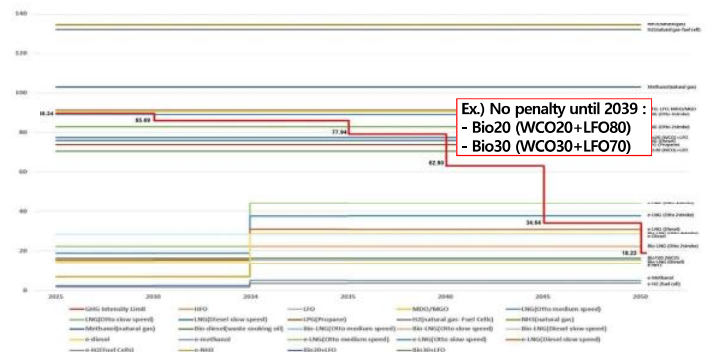
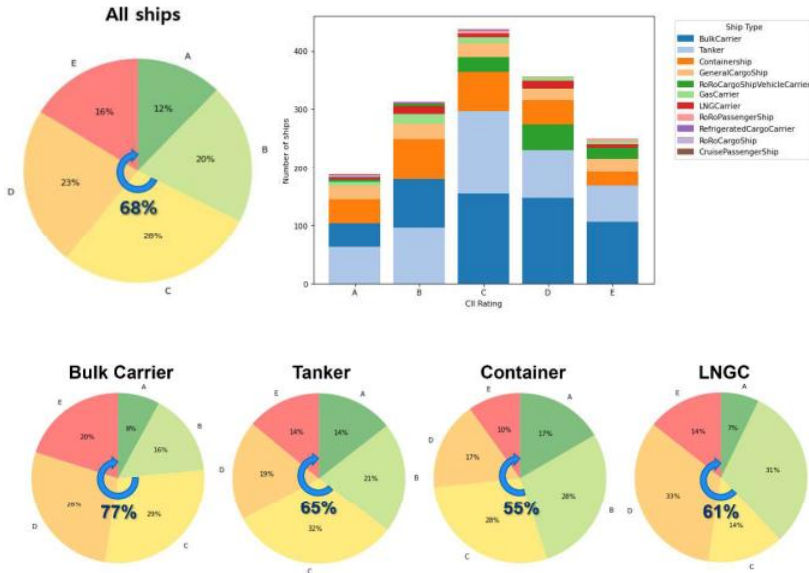


Image source: Jinhyung KIM, KR Green Ship Technology Team6

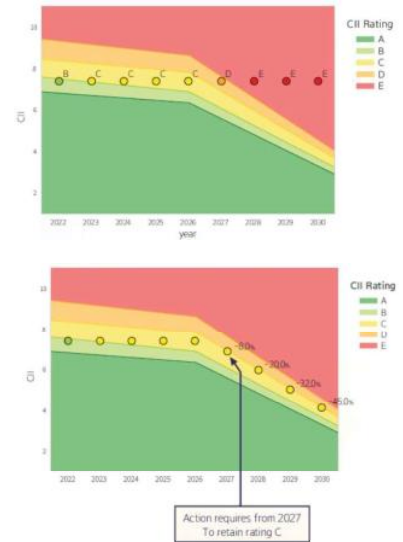
# Analysis of CII rating



## ◆ CII Rating status(abt. 2,000 vessels) and improvement Methods



## ☑ Need for improvement in CII ratings



Source: Donggi KIM(KR Green Ship Technology Team), KR Decarbonization Magazine, Vol. 04, Autumn 2023

# 2

## Biofuel as an alternative marine fuel

1. Alternative marine fuel
2. Characteristics of biofuel for ships
3. Precautions when using biofuel
4. Case study



# Alternative marine fuels



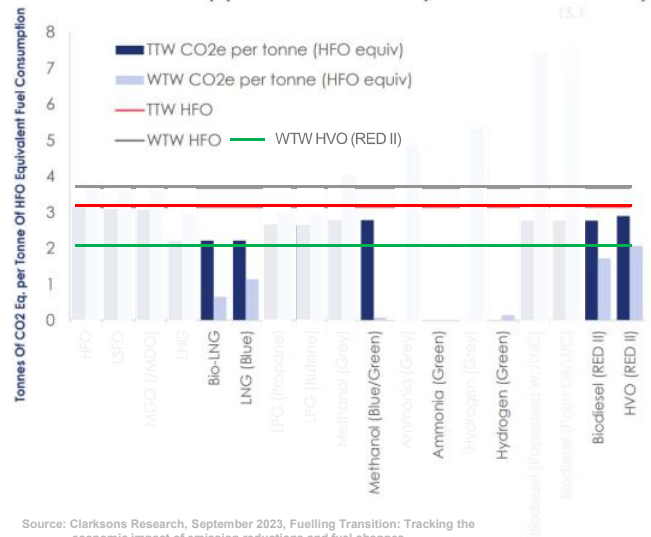
## ◆ Potential of various GHG reduction methods for achieving net zero targets

- ✔ Technical measures: up to 75% reduction
- ✔ Operational measures: up to 50% reduction
- ✔ Alternative fuel application: up to 100% reduction
  - Biofuel(FAME, HVO, FT-diesel): A 'drop-in fuel' suitable for ICE, addressing short/mid-term regulatory compliance

## ✔ Comparison of lifecycle GHG emissions by alternative fuels



Source: IMO action to reduce greenhouse gas emissions from international shipping, IMO



Source: Clarksons Research, September 2023, Fuelling Transition: Tracking the economic impact of emission reductions and fuel changes.

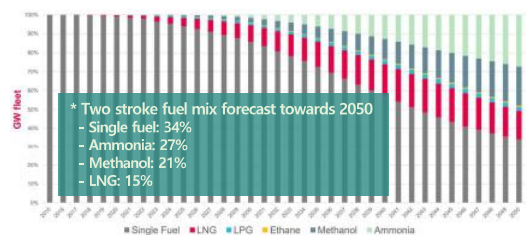
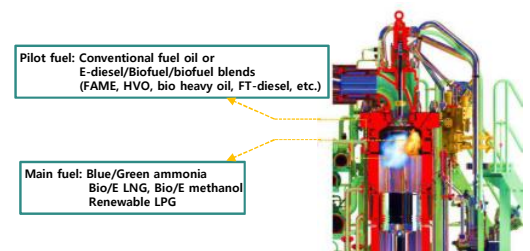
# Alternative marine fuels



## ◆ Alternative fuels applicable to ship (only ICE)

- ✔ From a WtW(Well to wake) perspective, to achieve net zero goal,
  - Grey Ammonia → Blue/Green Ammonia
  - Grey LNG → Bio/E LNG
  - Grey Methanol → Bio/E Methanol
  - Grey LPG → r(eneable) LPG
  - HFO/MDO/MGO → E diesel, Biofuel(FAME, HVO, FT-diesel, etc.)

Ship type	Operational mode
Existing ship (Mono fuel engine)	Only diesel mode - Conventional fuel oil - E-diesel - Biofuel or biofuel blends (FAME, HVO, Bio heavy oil, FT-diesel, etc.)
Existing ship or new building ship (Dual fuel engine)	Diesel mode - Conventional fuel oil - E-diesel - Biofuel or biofuel blends (FAME, HVO, bio heavy oil, FT-diesel, etc.)  Gas mode - Main fuel: Ammonia, LNG, LPG, Methanol - Pilot fuel: Conventional fuel oil or Biofuel/biofuel blends (FAME, HVO, bio heavy oil, FT-diesel, etc.)



Source: MAN Energy Solutions, sept., 2023, MAN B&W ammonia engine development

# Characteristics of biofuel for ships



## ◆ Representative biofuels for shipping sector

### ① Definition of biofuel (Cambridge Business English Dictionary)

- A fuel that is made from living things or their waste and is less harmful to the environment than other types of fuel

### ② Process pathway and TRL of biofuels

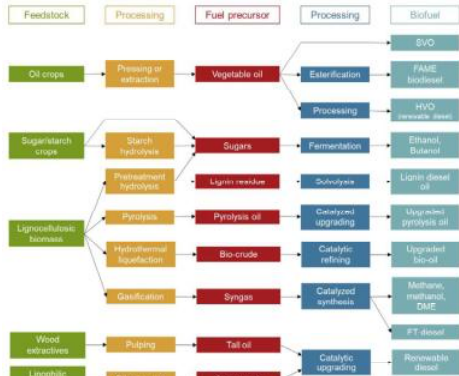
Fossil fuel replaced	Type of biofuel	Process pathway and Technology Readiness Level(TRL)				Feedstock
		Process step 1	TRL	Process step 2	TRL	
LNG	Bio-methane	Anaerobic digestion	9	Upgrade	-	Agricultural residue, sewage sludge, food waste
	Synthetic natural gas	Anaerobic digestion	9	Methane synthesis from CO <sub>2</sub>	9	
Methanol	Bio-methanol	Anaerobic digestion to methane	9	Synthesis	9	Agricultural residue, sewage sludge, food waste Lignocellulosic biomass
		Gasification of biomass	7			
Residuals & distillate (e.g., HFO, VLSFO, MGO)	FAME	Trans-esterification	9	-	-	Waste fats, oils, greases(FOG), vegetable oils (palm, soy)
	HVO	Hydro-processing	9	-	-	
Residuals (e.g., HFO, VLSFO)	Fast pyrolysis (FP) bio-oil	Pyrolysis	8-9	Upgrade	-	Lignocellulosic biomass, forestry/agricultural Residue
	Hydrothermal liquefaction (HTL) bio-oil	Hydrothermal liquefaction	6	Upgrade	6	Lignocellulosic biomass, forestry/agricultural Residue, wet waste

\* FT-diesel: Process step(FT synthesis), TRL(6/8)

Bio heavy oil: Byproducts of the biodiesel manufacturing process(feedstock)

Source: Maersk Mc-Kinney Moller Center, 2023, Using bio-diesel onboard vessels

### ③ Feedstock conversion routes to marine biofuels



Source: IEA bioenergy, June, 2021, Progress towards biofuels for marine shipping

11

# Characteristics of biofuel for ships

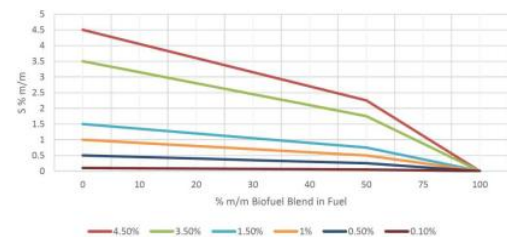


## ◆ Air pollutants from ICE using biofuel

### ① Approval UI regard to biofuel (MEPC.1/Cir.795/Rev. 6)

- Biofuel blends(≤30% by volume)
  - Treated as conventional petroleum-derived fuels (No special NOx emission trials or evaluations)
- Biofuel blends(>30% by volume)
  - If the NOx critical components and operational values align with the engine's Technical File, then there's no need for NOx emission trials.
  - If needed, verify engine's NOx emissions meet MARPOL Annex VI and NTC 2008 using specified fuel.

### ② SOx emission: Closed to zero (in case of neat biofuel)



Source: Alfalaval, 2021, Marine biofuels

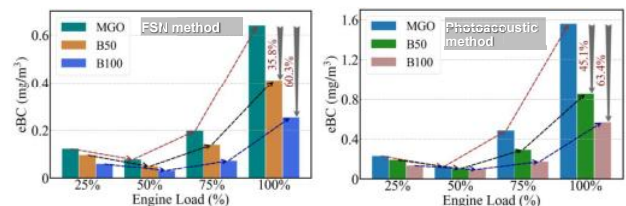
### ③ NOx emission trend of biofuels

Fuel type	NOx emission	
	Decrease	Increase
FAME	-	10-20% <sup>a)</sup>
HVO	0-20% <sup>b)</sup>	-
FT-diesel	0-20% <sup>b)</sup>	-

Source<sup>a)</sup>: Kai Juoperi(Wartsila), June 23, 2021, Use of biofuels marine applications, CIMAC tech talks

Source<sup>b)</sup>: ICCT, 2020, The potential of liquid biofuels in reducing ship emissions, Working paper 2020-21

### ④ BC emission: decrease with the application of biofuel



Source: IMO PPR 10/Inf.4, January 30, 2023, Black carbon emission measurement results of a marine low speed diesel engine using biofuel.

12



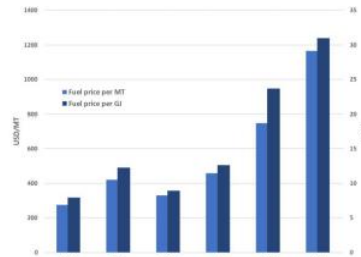
# Characteristics of biofuel for ships



## ◆ Biofuel price forecast

### ☑ Comparison of the biofuel price

- Alfalaval report(2021) <sup>a)</sup>
  - FAME: approx. 2.6 times compared MGO
  - HVO: approx. 3.5 times compared MGO
- ICCT report <sup>b)</sup>
  - FAME: 1.3 to 2.2 times compared MGO
  - HVO: 1.5 to 2.4 times compared MGO
  - FT diesel: 1.5 to 4.1 times compared MGO
- MMMC report <sup>c)</sup>
  - Bio oils: In 2030 and 2050, approx. 2.2 times compared to LSFO



Source<sup>a)</sup>: Alfalaval, 2021, Marine biofuels

Fuel	Feedstock	Estimated production cost (USD/GJ)	Price multiple
FAME	Vegetable oil, waste FOGs	20 to 35	1.3 to 2.2
HVO	Vegetable oil, waste FOGs	24 to 39	1.5 to 2.4
FT diesel	Lignocellulosic biomass	24 to 66	1.5 to 4.1

\* Based on MGO price 16 USD/MJ

Source<sup>b)</sup>: ICCT, 2020, The potential of liquid biofuels in reducing ship emissions, Working paper 2020-21

### ☑ Analysis of the biofuel price

- Biofuel price: **FAME < HVO < FT-diesel**
- According to the MMMC report, while the price of bio-oil is expected to remain stable, it is reasonable to predict that the price will **increase due to competition for biomass with other industries.**

Sectors		2022	2030	2034	2050
Biofuels share by sector	Road	5%	11%	12%	3%
	Shipping	0%	8%	13%	19%
	Aviation	0%	10%	22%	33%

Source: International Energy Agency, 2023 update, Net zero roadmap – A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach



Source<sup>c)</sup>: Maersk MC-Kinney Moller Center, October 2021, Industry Transition Strategy

13

# Precautions when using biofuel



## ◆ Potential issues from biofuel use and corresponding solutions

### ☑ Oxidation and storage stability

- **Lower oxidation stability** with higher oxygen content → **more prone to degrade over time**
  - the formation of **acidic products** (possibility of **accelerating formation** due to increase in **water content**)
  - 1. Affects the **fuel compatibility**,
  - 2. increase **sludge build-up** potentially **clogging** filters, separators and injectors
  - 3. **Corrosion** of the fuel system's components lead to **damage of fuel pumps, piston rings and injectors**
- Expansion of fuel storage period through additives (cost & rare usage)
- Proper tank coating / frequent tank cleaning / more frequent bunkering

### ☑ Microbial growth

- **Water affinity of biofuels** → **Risk of microbial growth** (microbial require moisture to grow and reproduce)
- The most effective way for reducing microbial growth: **control of water content**
- **Draining of fuel tanks** more often and frequent **water level checks**
- Increase **sampling frequency** of biofuel blends in tanks
- Addition of **biocides** is not recommended due to **environmental and health concerns.**

### ☑ Deleterious materials

- **Presence of deleterious materials** (unreacted feedstocks and by-products) in biofuels
  - Glycerine**, as a **by-product** in transesterification process, can **react intermediates**
  - **Clogged injector and form deposits** on valves, pistons, and injector nozzles
- The biodiesel should not contain **Free-fatty acid, methanol, glycerine, or glycerids.**

14

# Precautions when using biofuel



## ◆ International standards for marine biofuels

### ☑ International standards related to biofuels

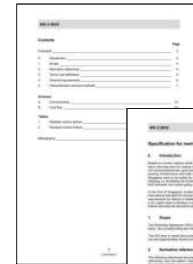
- ISO 8217: allows up to **only 7.0 v/v % FAME in distillate (DF grades)** marine fuel
- HVO quality **unspecified** in marine fuel standards (EN15940: standard for automotive paraffinic diesel fuels)

Properties	FAME (EN 14214)		HVO (EN15940)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Cetane number	51	-	70	-
Density @ 15°C [kg/m <sup>3</sup> ]	860	900	765	800
Flashpoint [°C]	101	-	55.1	-
Viscosity @ 40°C [mm <sup>2</sup> /s]	3.5	5.0	2.0	4.5
Lubricity [µm]	-	-	-	400
Aromatics [% (m/m)]	-	-	-	1.1
C residue on 10% distillation residue [% (m/m)]	-	-	-	0.1
Sulphated ash content [% (m/m)]	-	0.02	-	0,001
Water content [% (m/m)]	-	0.05	-	0.02
Total contamination [mg/kg]	-	24	-	24
Oxidation stability @ 110°C [h]	8.0	-	-	25
Acid value [mg KOH/g]	-	0.5	-	0.01
Cloud point [°C]	-	-	-	-10(summer) -32(winter)

Source: Alfalaval, 2021, Marine biofuels

### ☑ WA 2: 2022: Development of a national(Singapore) standard for marine biofuel to support marine biofuel bunkering

- As a **quality standard for biofuel blends**, it contains up to 50 volume % or mass % FAME
- FAME for blending: Compliant with EN 14214 or ASTM D6751



Source: Singapore Standards Council, WA 2:2022 Specification for marine biofuel

15

# Case study



## ◆ CII rating improvement with biofuels

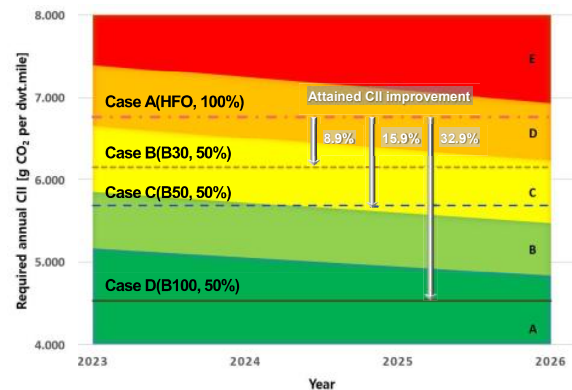
Vessel type	Vessel information	Fuel type
Container (10,000 teu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deadweight: 120,000 tons</li> <li>- Gross tonnage: 114,200 tons</li> <li>- Distance travelled: 70,000 nautical mile</li> <li>- Fuel consumption (HFO): 18,240 M/T</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Case A: HFO 100% (Base)</li> <li>- Case B: B30(HFO 70 m/m% mixed with Biofuel 30 m/m%)</li> <li>- Case C: B50(HFO 50 m/m% mixed with Biofuel 50 m/m%)</li> <li>- Case D: Biofuel 100%</li> </ul>

### \* Assumptions

- 1) same travelling distance and route with fuels
- 2) In the case of biofuels and mixed fuels, 50% of the fuel is substituted based on the mass of HFO



Fuel type	CO <sub>2</sub> [tons]	Attained CII [gCO <sub>2</sub> /dwt.mile]
Case A (HFO, 100%)	56799.4	6.762
Case B (B30, 50%)	51745.1	6.160
Case C (B50, 50%)	47778.4	5.688
Case D (B100, 50%)	38107.9	4.537



16

# 3

## Summary and Suggestion

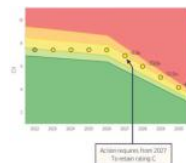


## Summary & Suggestion



### Step 1. Checking the current status of your vessel under GHG regulations

- Confirm the moment of regulatory non-compliance
- Verify the annual GHG reduction rate to be achieved



### Step 2. Review of GHG reduction measure implementation strategies

- Verify the GHG reduction characteristics for various measures or combinations of measures of the ship, concurrently analyze economic feasibility



### Step 3. (If) Applying biofuels as a regulatory response measure

- Selection of biofuel supplier: Review WtW GHG intensity, LCV, fuel quality, Verify technical and operational issues with the engine maker/equipment manufacturers of the respective ship, etc.



### Step 4. Bunkering and operation of biofuels

- Upon first use, consume the fuel as quickly as possible
- Identifying and resolving issues → Considering increasing quantity and/or usage duration



### Step 5. Verifying GHG reduction characteristics for the last year

- Comparative analysis between predicted and actual GHG (Greenhouse Gas) emissions
- Move to Step 1



# Appendix I - Pilot project for marine biofuel



## ◆ Promotion of the marine biofuel pilot project underway

### ☑ Pilot project (Sep., 2023 ~ Dec., 2024) overview

➤ **Project lead: Ministry of Trade, Industry and Energy & Ministry of Oceans and Fisheries**  
 KPetro(Korea Petroleum Quality and Distribution Authority)



➤ **Duration: Participating shipping companies: HMM, H-LINE, GLOVIS, SINOKOR**

➤ **Ship and navigation route(as of October 24<sup>th</sup>), mainly B30(HFO 70% + Biodiesel 30%)**

**1. HYUNDAI TACOMA(HMM)**

- Route: ROK(9/15) – Singapore – Brazil – India – Singapore – ROK

**2. SILVER RAY(HYUNDAI GLOVIS)**

- Route: ROK (9/16) – Western United States – ROK

**3. HL SUCCESS(H-LINE SHIPPING)**

- Route: ROK (10/9) – Australia – ROK

➤ **Plan: 1. Establishment of criteria for the use of biofuels in ships under domestic law**

**2. Confirmation of biofuel quality characteristics**

- Land-based test: Verification of performance and environmental impact

- Sea trial: Confirmation of stability and durability

**3. Establishment of biofuel quality and performance evaluation criteria (Revision of public notice)**

# Appendix II - Abbreviations and Acronyms



**BC: Black carbon**  
(블랙카본)

**GHG: Greenhouse Gas**

**CF: Conversion Factor**  
(변환 계수)

**HTL bio-oil: Hydrothermal Liquefaction bio oil**  
(열수 액화 바이오 연료)

**EN: European Standards**

**HVO: Hydrotreated vegetable oil**  
(수소 처리 식물성 연료)

**EU ETS: EU Emission Trading System**  
(EU 배출권 거래제)

**ICE: Internal Combustion Engine**  
(내연기관)

**FAME: Fatty Acid Methyl Esters**  
(지방산 메틸 에스테르)

**LCV: Lower Calorific Value**  
(저위발열량)

**FOGs: Waste fats, Oils, Greases**

**TtW: Tank to Wake**

**FP bio-oil: Fast Pyrolysis bio-oil**  
(급속 열분해 바이오 연료)

**UI: Unified Interpretation**  
(규정 통일해석)

**FT-diesel: Fischer Tropsch diesel**  
(피셔 트롭쉬 디젤)

**WTW: Well to Wake**



PROVIDING  
THE BEST SERVICES,  
CREATING  
A BETTER WORLD

*Thanks*

**Gunfeel Moon**  
Alternative fuel technology research team  
E mail address : gmoon@krs.co.kr  
Team : mer@krs.co.kr





주제발표 3

---

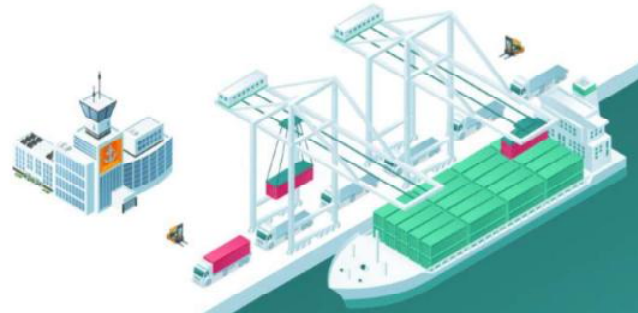
## 바이오연료 선박 활용 및 실증

HMM R&D팀 서대식 책임매니저





# 바이오연료 선박 활용 및 실증



서대식 HMM(주) R&D팀  
**HMM**

## CONTENTS

### 01 해운선사의 탈 탄소 압력

1. IMO GHG Roadmap
2. 규제를 통한 압력
3. 국제 사회로부터의 압력
4. 시장에서의 압력

### 02 바이오연료의 역할

### 03 바이오연료의 온실가스 감축 효과

1. IMO 바이오연료 임시지침
2. CII 개선 효과 및 온실가스 감축 비용

### 04 바이오연료 실증

### 05 바이오연료 운용 지침

1. 바이오연료의 특성
2. 관리 Point

### 06 결론



# 1. 해운선사의 탈 탄소 압력



## ◆ IMO GHG Roadmap

기존 (2018년)	개정(2023년 7월, MEPC80)
2008년 기준 탄소집약도 : 2030년(40%), 2050년(70%) 총량 : 2050년(50%)	2008년 기준 탄소집약도 : 2030년 (40%) GHG 배출량 : 2030년(20%), 2040년(70%), 2050년(Net-Zero)



# 1. 해운선사의 탈 탄소 압력



## ◆ 규제를 통한 압력

구분	주관	시행일	관리 포인트	규제 온실가스	온실가스 산정원칙
EEDI	IMO	2012	설계상 에너지효율	CO2	Tank To Wake
EEXI	IMO	2023	설계상 에너지효율	CO2	Tank To Wake
CII	IMO	2023	실제 에너지효율	CO2	Tank To Wake
EU-ETS	EU	2024	온실가스 배출량 (연료 소모량)	CO2, N2O, CH4	Tank To Wake
FuelEU Maritime	EU	2025	GHG Intensity (대체연료 사용 비율)	CO2, N2O, CH4	Well To Wake
Global GHG Fuel Standard (유연성 메커니즘 포함)	IMO	2027	GHG Intensity (대체연료 비율)	CO2, N2O, CH4	Well To Wake
경제적 조치 (GHG Levy, ETS 등)	IMO	2027	온실가스 배출량 (연료 소모량)	CO2, N2O, CH4	협의 중

# 1. 해운선사의 탈 탄소 압력



## ◆ 국제 사회로부터의 압력

대체 연료	내용
Getting To Zero Coalition	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020년대 상업적 규모의 완전 무탄소 선박 투입 목표 (Non-Binding)</li> <li>선사, 조선소, 선급, 기자재업체 등 100여 기업 참여</li> </ul>
Green Shipping Challenge	<ul style="list-style-type: none"> <li>2050년까지 해운분야 완전 탈 탄소 달성 목표 (미 행정부 주관)</li> <li>2020년대 중국/부산 - 미국(서안) 항로 탈 탄소 선박 투입</li> </ul>
클라우드뱅크 선언	<ul style="list-style-type: none"> <li>녹색해운회랑(Green Shipping Corridor) 설치 합의</li> <li>2020년대 6개 항로 완전 무탄소 선박 투입 목표</li> </ul>
First Mover Coalition	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계경제포럼 주관 7개 산업분야 탈 탄소화 목표</li> <li>해운(2030년까지 전체 사용 연료 중 5% 이상 무탄소 연료 사용)</li> </ul>



HMM 참여 중  
또는  
참여 검토 중



# 1. 해운선사의 탈 탄소 압력



## ◆ 시장에서의 압력

<p><b>CDP (Carbon Disclosure Project)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기업의 온실가스 대응 전략을 평가하여 투자 여부 결정</li> <li>전세계 137개 투자기관 참여 (국내: KB금융그룹, 하나금융그룹, 미래에셋증권)</li> <li>전세계 7000여개 기업 참여</li> </ul>
<p><b>Poseidon Principles</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>금융기관이 해운선사에 대한 대출을 결정할 때 기후변화 변수를 고려하도록 한 원칙</li> <li>씨티, 소시에테제네랄 등 11개 글로벌 은행 참여 (전체 해운 대출의 20%차지)</li> <li>원칙: 평가(Assessment), 신뢰성(Accountability), 이행(Enforcement), 투명성(Transparency)</li> </ul>
<p><b>CCWG (Clean Cargo Working Group)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SFC(Smart Freight Center) 산하 친환경 해상운송을 위한 비영리 단체</li> <li>25개 화주 + 17개 컨테이너 선사 참여</li> <li>매년 선사 소속 선박의 탄소배출현황 화주에 공개 (화주는 선사 선택에 반영)</li> </ul>
<p><b>Rightship GHG Rating</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>각 개별 선박의 안전, 효율, 이력, 품질 등을 평가하여, 용선주, 화주에 정보 제공</li> <li>선박의 설계 효율을 근거로 선종 별 GHG Rating 시행</li> <li>7단계 (A, B, C, D, E, F, G) Rating</li> </ul>

### 스코프3(Scope3)로 넓혀져 가는 탄소 발자국 지우기

KB경영연구소 | 2021.10.27 [원문보기](#)

기업은 Scope 3 단계까지 온실가스 감축해야 할까? Scope 3의 범위와 관리 방법

기업은 Scope 3 단계까지 온실가스 감축해야 할까? Scope 3의 범위와 관리 방법

[기고] 머지않아 선택이 아닌 필수로, Scope 3

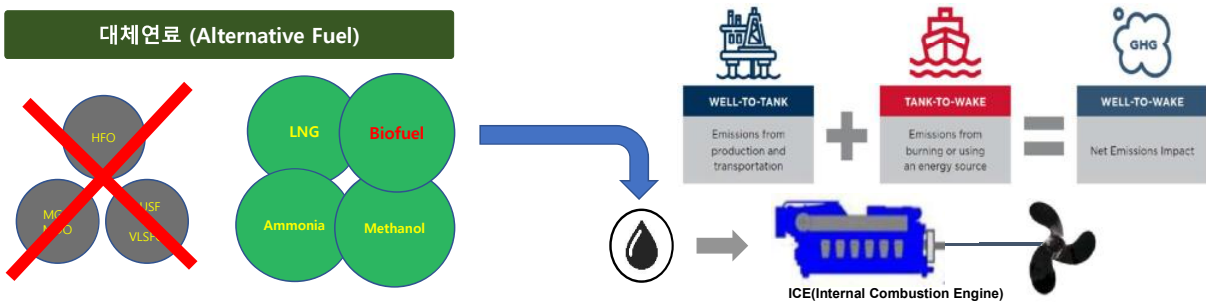
[IBS스토리] ESG 보고서 공시의무화 어떻게 대응할 것인가



## 2. 바이오연료의 역할

### ◆ 온실가스 감축 규제에의 방향성

As-is	To-be	Remark
에너지 효율 개선을 위한 규제	친환경 <b>대체연료</b> 전환을 위한 규제	- 에너지 효율 개선 지속 필요 (경제성 확보)
Tank to Wake 배출계수	<b>Well to Wake</b> 배출계수	- 연료 전주기 평가
CO2	CO2, CH4 N2O	
선박별 규제 (EEDI, EEXI, CII)	선단(Fleet) 규제 (예: FuelEU Maritime)	- 선박 생애주기 고려, 순차적 선박 교체



## 3. 바이오연료의 온실가스 감축 효과

### ◆ IMO 바이오연료 임시지침 (2023년 10월 적용)

▶ MARPOL 규정 26, 27 및 28(DCS 및 CII)에 따른 바이오연료 사용에 대한 임시 지침 (MEPC.1/Circ.905)

- √ 바이오연료의 선박 사용과 이에 따른 온실가스 배출량 감축을 촉진하고자 배출계수 논의
- √ 다음 요건을 충족한 바이오연료의 경우, **CII 체계 내에서 "전과정(WtW) 기준 배출계수(CF)" 적용**
  - 국제 인증체계(ISCC, RSB 등)로부터 인증 및 이에 따른 지속가능성 기준 만족
  - 해당 인증에 따라 화석연료 MGO의 온실가스 WtW 배출량 94 g CO<sub>2eq</sub>/MJ 대비 **65% 이상 감축**
- √ 본 임시지침은 LCA Guideline에 의한 GHG 배출량 평가 방법론이 운영되는 즉시 철회됨

▶ (예시) 바이오연료 배출계수

- √ 수급량 : 500 M/T (B30)
- √ WtW GHG Intensity : 14.9 g CO<sub>2eq</sub>/MJ
- √ LCV(Bio) : 37.2 MJ/Kg
  - CF(Bio) : 14.9 x 37.2/1,000 = 0.554
  - CF(혼합) : 총 발열량 비율 의거 가중 평균

$$\frac{(Cons\_VLSFO \times LCV\_VLSFO \times Cf\_VLSFO + Cons\_Bio \times LCV\_Bio \times Cf\_Bio)}{(Cons\_VLSFO \times LCV\_VLSFO + Cons\_Bio \times LCV\_Bio)} = 2.387$$

- √ **BAU 대비 23.3% 온실가스 감축**

* BioFuel C <sub>g</sub> value		
WW GHG Intensity (g/CO <sub>2eq</sub> /MJ)	LCV (MJ/Kg)	C <sub>g</sub> (gCO <sub>2eq</sub> /g)
14.9	37.20	0.554

* 유종별 정보		
Fuel Oil	LCV (MJ/Kg)	C <sub>g</sub> (gCO <sub>2eq</sub> /g)
HFO	40.2	3.114
LFO	41.2	3.151
MGO	42.7	3.206

* BioFuel Blend 수급량	
Q <sub>ty</sub> (BDN)	500.0 MT

* BioFuel Blend C <sub>g</sub> value						
Fuel Oil	Blend(%)	Cons. (MT)	LCV (MJ/Kg)	C <sub>g</sub> (gCO <sub>2eq</sub> /g)	Energy (MJ)	Blend C <sub>g</sub> (gCO <sub>2eq</sub> /g)
HFO	70	350	40.20	3.114	14,070,000	2.387
BioFuel	30	150	37.20	0.554	5,580,000	

* Reduction of CO <sub>2eq</sub> Q <sub>ty</sub>				
	유종	C <sub>g</sub> (gCO <sub>2eq</sub> /g)	Q <sub>ty</sub> (BDN)	tCO <sub>2eq</sub>
BAU	HFO	3.114	488.8	1,522.1
	BioFuel Blend	-	2.387	500.0
Reduction Q <sub>ty</sub>				355.3

23.3%

### 3. 바이오연료의 온실가스 감축 효과



#### ◆ CII 개선 효과

(WtW 및 TtW 혼합 적용)

구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
BAU	D	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Bio (B30)	B	B	B	B	B	C	C	C	D	D	E

- √ CII Reduction Factor : 2027년 ~, 매년 2.75% 적용(가정)
- √ B30 온실가스 감축율 23.3% 적용
- √ CII 개선 비용(USD/tCO<sub>2</sub>) : 약 325(한국, 싱가포르), 177(로테르담)

#### ◆ 온실가스 감축 비용

(Well to Wake 배출량 적용)

구분	HFO	Bio-diesel	Bio-methanol	e-Methanol	e-Ammonia
단가 (USD/GJ)	13.0	27.0	44.0	75.0	45.7
CF (WtW)	93.6	14.9	2.0	0	0
발열량 (MJ/Kg)	40.2	37.2	19.9	19.9	18.6
GHG 감축 비용 (USD/tCO <sub>2eq</sub> )	-	177.9	338.4	662.4	349.4

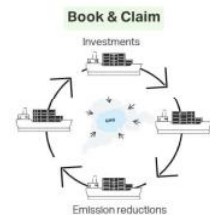
- 연료 단가 Source : (KR) A Case Study on Economic Feasibility Study of Ships Using Alternative Fuel, 최고 단가 적용

### 3. 바이오연료의 온실가스 감축 효과



#### ◆ [참조] 규제별 온실가스 감축 영향

구분	바이오연료 사용에 대한 온실가스 감축 영향
EEDI / EEXI	영향 없음
CII	조건 만족 시 감축 가능 (국제 인증, WtW 기준 33 g CO <sub>2eq</sub> /MJ 이하 충족)
EU ETS / MRV	감축 가능 (Sustainability Criteria 충족할 경우, 배출 '0'으로 설정 예상)
FuelEU Maritime	감축 가능 (식품 및 사료 작물 기반 바이오연료 제외)



#### ◆ [참조] Scope 3 탄소정보공개 의무 & 해운 그린서비스

기준	대상	'23	'24	'25	'26	'27	'28
EU	임직원 500인 ↑, 상장사·은행·보험사						
	①종업원 수 250인 ↑ ②매출액 4천만 유로 ↑ ③총자산 2천만 유로 ↑ 조건 중 2개 이상 충족						
	상장 중소기업 중 ①종업원 수 50인 ↑ ②매출액 8백만 유로 ↑ ③총자산 4백만 유로 ↑ 조건 중 2개 이상 충족 (유예기간 2년)						
	EU 내 중소기업 보유 & 매출액 조건 충족 외국기업 등						
USA	상장 대기업 (시총 7억 달러 ↑)						
	상장 중견기업 (시총 0.75~7억 달러 & 매출액 1억 달러 ↑)						
	상장 중소기업 (시총 0.75 달러 ↓, 시총 0.75~7억 달러 ↑ & 매출액 1억 달러 ↓)						
ISSB	국가별 GAAP(Generally Accepted Accounting Principles)에 따라 일반 목적재무제표를 작성하는 모든 기업						

- Source : KDB 산업은행 (2023. 6. 19)

**Ship Technology**  
Maersk and Amazon finalise ECO Delivery agreement  
Danish shipping company AP Moller-Maersk and Amazon have finalised an agreement to carry 20,000 FFE containers using green biofuel via Maersk's...

**Logistics Update Africa**  
DB Schenker, MSC seal biofuel deal to reduce supply chain emissions  
DB Schenker is expanding its green ocean freight services, securing an arrangement to use 12,000 tonnes of biofuel component for all of its...

**Journal of Commerce**  
DB Schenker signs up to Hapag-Lloyd 'book and claim' green service  
The German forwarder aims to make significant cuts in emissions for customers on the ocean leg of their container transport.

#### Green Sailing Service from HMM

Carbon Insetting Procedure

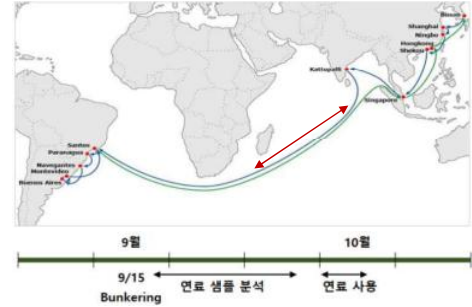


## 4. 바이오연료 실증



### ◆ 국내 첫 Bunkering 및 실증 사례 소개

- ▶ 대상선박 : Hyundai Tacoma (6,350 TEU 컨테이너선)
- ▶ 항로 : FIL (Far East – India – Latin America)
- ▶ Bunkering : 500톤 (HFO 70% + 바이오디젤(UCOME) 30%), 9/15 부신신항
- ▶ 연료 공급처 : GS칼텍스
- ▶ 연료 샘플 분석 결과 : On Spec. (분석기관 : VPS, 약 3주 소요)
- ▶ 사용 기기 : 주추진 기관(Main Engine) & 보조 기관 (Generator Engine)
- ▶ 사용 기간 : 10/10 ~ 16 (약 6~7일), 인도 – 브라질 항해 구간
- ▶ 사용 후 점검 : HFO Purifier 개방 점검 및 M/E Piston Ring & Cylinder Liner 점검 결과 상태 양호
- ▶ 선박 의견 : 기존 연료와 차이 없음. (단, 짧은 사용 기간 고려, 더 많은 Track Record를 통한 분석 필요)



## 5. 바이오연료 운용 지침



### ◆ 바이오연료의 특성

- ▶ Drop-in Fuel : 설비 개조 없이 즉시 사용 가능한 연료
- ▶ 성상 비교

Fuel Property	Unit	MGO	FAME	HVO
Cetane Number	-	40~55	50~65	80~99
Density at 15°C	Kg/m <sup>3</sup>	0.82~0.85	0.88	0.77~0.78
Kinematic viscosity at 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2.5~4.5	4.5	2.5~3.5
LHV	MJ/Kg	42~44	37~38	34~44
Oxygen content	%	0	~11	0
Sulphur content	Ppm	<10	<10	<10
NOx Emissions	%	Baseline	+10%	-10%~0
Lubricity	-	Baseline	Good	Poor
Oxidative stability	-	Baseline	Poor	Good
Cold Flow Properties	-	Baseline	Poor	Good

- Source : European Maritime Safety Agency



### ▶ 연료 샘플 분석 결과 (12개월 보관)

Item	VLSFO	B30		B50			
	As load	As load	6 M	12 M	As load	6 M	12 M
Density @ 15°C (kg/l)	0.9691	0.9445	0.9474	0.9498	0.9314	0.9340	0.9364
Viscosity at 50°C (cSt)	72	20.4	24.9	30.0	12.8	14.4	16.2
Total sediment (% m/m)	<0.01	0.01	0.23	0.36	<0.01	0.11	0.17
Total acid number (mg-KOH/h)	0.27	0.28	0.35	0.37	0.32	0.43	0.63

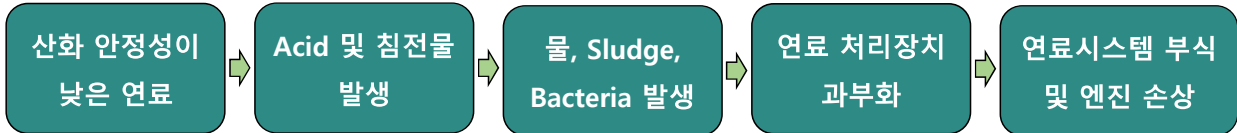
- Source : BP Shipping (Maersk Mc-Kinney Moller Center 보고서에서 발췌, 2023. 06)

# 5. 바이오연료 운용 지침

## ◆ 관리 Point

### ▶ 산화 안정성 (Oxidative Stability) 및 저장 안정성 (Storage Stability) 확보가 관건

▲ 산화 안정성 : 저장 및 사용 중의 연료가 산화에 저항하는 능력을 측정한 것



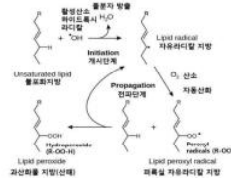
### ▶ 미생물(박테리아) 오염 확산 방지 (원인: 수분)

“불포화지방산 영향으로 산화 → 수분 생성”

[관리 Point]

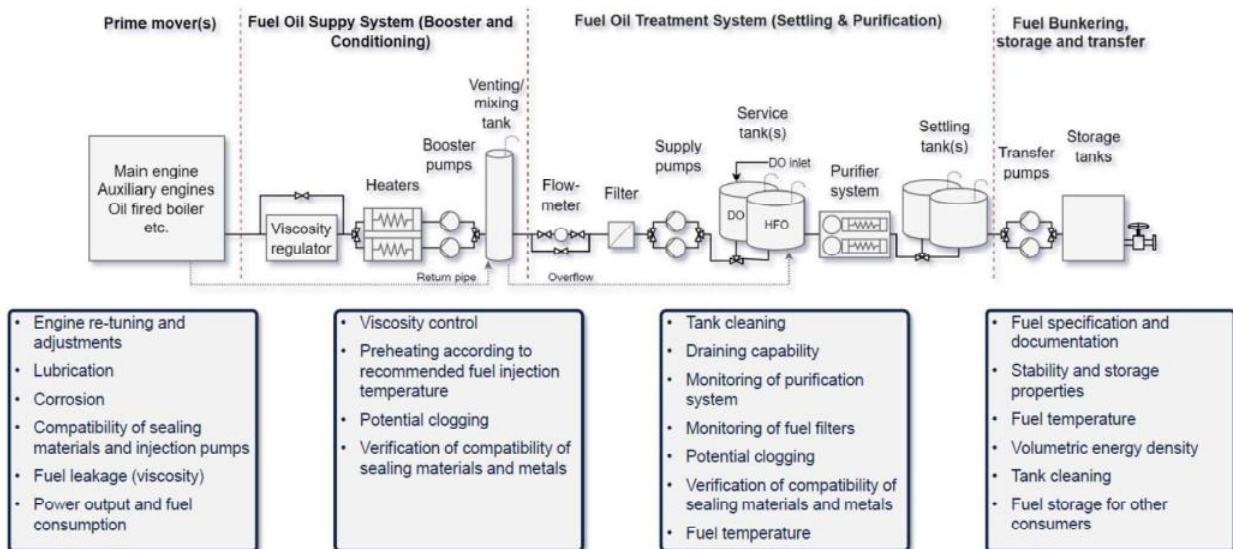
#### ✓ 장기간 보관 유의

- 예: HMM의 경우, 3개월 이상 보관 금지, 그 이상 보관 시 샘플 분석 결과 확인 후 사용
- 첨가제 사용 또는 Bunkering 횟수 증가 (1항차 사용 가능한 연료 수급) 등
- ✓ 저장탱크 내 수분 발생하지 않도록 유의 (산화 방지, 탱크 내 적정 온도 유지 등)



# 5. 바이오연료 운용 지침

## ◆ [참조] Focus area - Subsystems



- Source : DNV

## 5. 바이오연료 운용 지침



### ◆ [참조] 연료 샘플 분석 항목

√ ISO 8217 개정 작업 지연으로 현재 혼합 바이오연료 분석 방법 모호  
 √ 2024년 상반기 ISO 8217 개정본에 따라 분석 방법 최종 결정 예상  
 √ 하기 분석 항목은 문헌 조사를 통해 취합한 사항임

항목	Fuel Standard	Test Methodology	항목	Fuel Standard	Test Methodology
FAME Contents	EN 16709	EN 14078	Water Content	EN 16709	EN ISO 12937
Total Acid Number	EN 14214 or ASTM D7467	EN 14104 or ASTM D664	Carbon residue	ISO 8217	ISO 10370
Strong Acid Number	-	ASTM D974	Phosphorus	-	IP 501
Oxidation stability (at 110°C)	EN 16709	EN 15751	Ash	EN 16709	EN ISO 6245
Iodine value	EN 14214	EN 14111	Vanadium	-	IP 501
Copper strip corrosion	ASTM D7467	ASTM D 130	Cat fine (Al-Si)	-	IP 501
Bacteria, Yeast, Fungi	-	LP2301	Group I metals (Na+K)	-	IP 501
Flash point	ISO 8217	ISO 2719	Group II metals (Ca+Mg)	-	IP 501
Cetane Number	EN 16709	EN ISO 5165	Sodium + Potassium	-	EN 14538
Polycyclic aromatic hydrocarbon	EN 16709	EN 12916	Lead (Pb)	-	-
Total Contamination	EN 16709	EN 12662	Low Calorific Value	-	ASTM D240

## 5. 바이오연료 운용 지침



### ◆ [참조] HMM 바이오연료(FAME Bio-diesel) 최소 사양 표준

#### ▶ 100% 바이오연료

항목	Fuel Standard	Test methodology	Limit Value	Unit
Total Acid Number	EN 14214	EN 14104	Max 0.5	mg KOH/g
Strong Acid Number	-	ASTM D974	Max 0	mg KOH/g
Oxidation stability (at 110°C)	EN 14214	EN 14112	Min 8	h
Iodine value	EN 14214	EN 14111	Max 120	g iodine/100g
Copper strip corrosion	ASTM D6751	ASTM D 130	No.3	Rating
Flash point	ISO 8217	ISO 2719	Min 60	°C
Cetane Number	EN 14214	EN ISO 5165	Min 51	-
Total Contamination	EN 14214	EN 12662	Max 24	mg/kg
Water Content	EN 14214	EN ISO 12937	Max 0.05	% (m/m)
Carbon residue	ASTM D6751	ASTM D4530	Max 0.05	% (m/m)
Phosphorus	EN 14214	EN 14107	Max 4.0	mg/kg

#### ▶ 혼합 바이오연료

항목	Fuel Standard	Test methodology	Limit Value	Unit
Total Acid Number*	ASTM D7467	ASTM D664	Max 0.3	mg KOH/g
Strong Acid Number*	-	ASTM D974	Max 0	mg KOH/g
Oxidation stability (at 110°C)	EN 16709	EN 15751	Min 20	h
Iodine value	EN 14214	EN 14111	Max 120	g iodine/100g
Copper strip corrosion	ASTM D7467	ASTM D 130	No.3	Rating
Flash point	ISO 8217	ISO 2719	Min 60	°C
Cetane Number	EN 16709	EN ISO 5165	Min 51	-
P aromatic hydrocarbon	EN 16709	EN 12916	Max 8.0	% (m/m)
Total Contamination	EN 16709	EN 12662	Max 24	mg/kg
Water Content*	EN 16709	EN ISO 12937	Max 0.05	% (m/m)
Carbon residue*	ISO8217	ISO 10370	Max 0.3	% (m/m)
Phosphorus*	-	IP 501	15	ppm (m/m)
Ash*	EN 16709	EN ISO 6245	0.01	% (m/m)
Vanadium*	-	IP 501	Max 540	ppm (m/m)
Cat fine (Al-Si)*	-	IP 501	Max 48	ppm (m/m)
Sodium + Potassium*	-	EN 14538	Max 5	ppm (m/m)
Calcium (Ca)*	-	IP 501	Max 30	ppm (m/m)
Lead (Pb)*	-	-	Max 10	ppm (m/m)

- \*는 MAN ES 권고사항



## 5. 바이오연료 운용 지침



### ◆ [참조] Recommended materials

#### ▶ 100% FAME

Material	Recommended	Not recommended
Metals	Carbon Steel / Stainless Steel / Aluminium	Brass / Bronze / Copper / Lead / Tin / Zinc
Elastomers	Fluorocarbon / Nylon / Teflon / Viton	Nitrile rubber / Neoprene / Chloroprene / Natural Rubber / Hypalon / Styrene-Butadiene / Rubber / Butadiene rubber
Polymers	Carbon filled acetal	Polyethylene / Polypropylene / Polyurethane / Polyvinchloride
Others	Fibreglass	

- Source : LR

#### ▶ Trial Observation from using B30

Material	Use	Observation
PVC (Transparent)	Fuel Hose, Level Indicator	Hardened, non-brittle
NBR	Fuel Hose, Fuel filter gasket	Minor degradation of elasticity
HDPE	Biofuel IBC Tanks	No effect
316L stainless steel	Fuel pipe	No effect
GRE	Fuel Tank, Ship Hull	No effect
Copper	Injection washer	No effect
Hardened steel	Fuel Injector, Components	Normal wear & tear
Lube oil	Engine lubrication	Normal degradation

- Source : Nanyang Technological University

## 6. 결론



### ◆ 지금까지 No Major Issue !! 꼼꼼한 준비와 철저한 모니터링 필요

# 有備無患

있을 유 갖출 비 없을 무 근심 환

「미리 준비가 되어 있으면 걱정할 것이 없음」 <서경>의 '열망편'에 나오는 말이다.

#### ▶ 바이오연료는 "Drop in fuel" 강점 및 온실가스 감축 혜택 확실

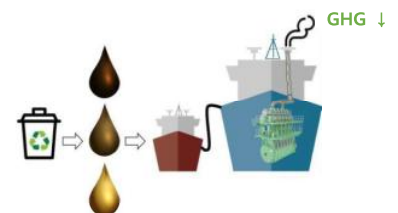
- 단, 기존 연료 대비 높은 단가 고려, 경제성 확보가 관건

#### ▶ 연료 분석 항목 사전 확인

- 바이오연료 포함 예정인 ISO 8217 개정본 발행 전 사용자 측면에서 유의 필요

#### ▶ 산화 안정성 및 미생물 발생 억제 등 관리 Point

- 장기간 보관 유의 및 저장탱크 내 수분 생성 방지 필요  
- 연료시스템 재질에 대한 적합성 검토 필요



Q & A

*Thank you for your attention !*

## 주제발표 4

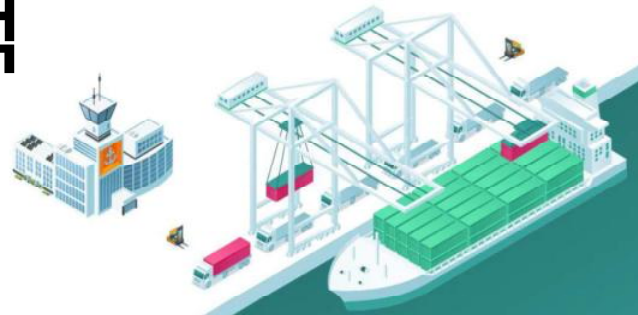
---

# 암모니아 생산과 공급 전망 및 산업계 수요 분석

롯데정밀화학 권준경 수석



# 암모니아 생산과 공급전망 및 산업계 수요분석



권준경 롯데정밀화학

## CONTENTS

### 01 글로벌 암모니아 시장 현황

1. 글로벌 수급 및 Trading 현황
2. 암모니아 국제가 현황 및 전망

### 02 청정암모니아 수요 전망

1. 글로벌 청정 암모니아 용도별 수요 전망
2. 선박연료 벙커링 시장 전망
3. 인프라 개발 현황 및 전망

### 03 글로벌 공급 전망

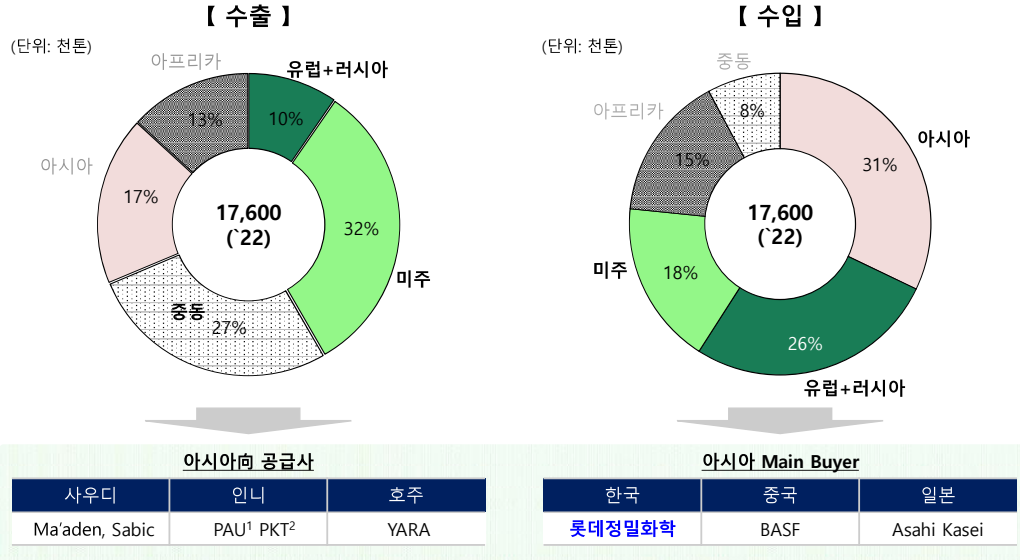
1. 지역별 프로젝트 개발 현황
2. 국내 청정 암모니아 공급망 구축 전망

### 04 롯데정밀화학 시장 대응 전략

# 1. 글로벌 암모니아 시장 현황



◆ 글로벌 수급 및 Trading 현황 : 글로벌 Capa 약 2억톤 내외, 현재 약 18백만톤 Trading 진행 중

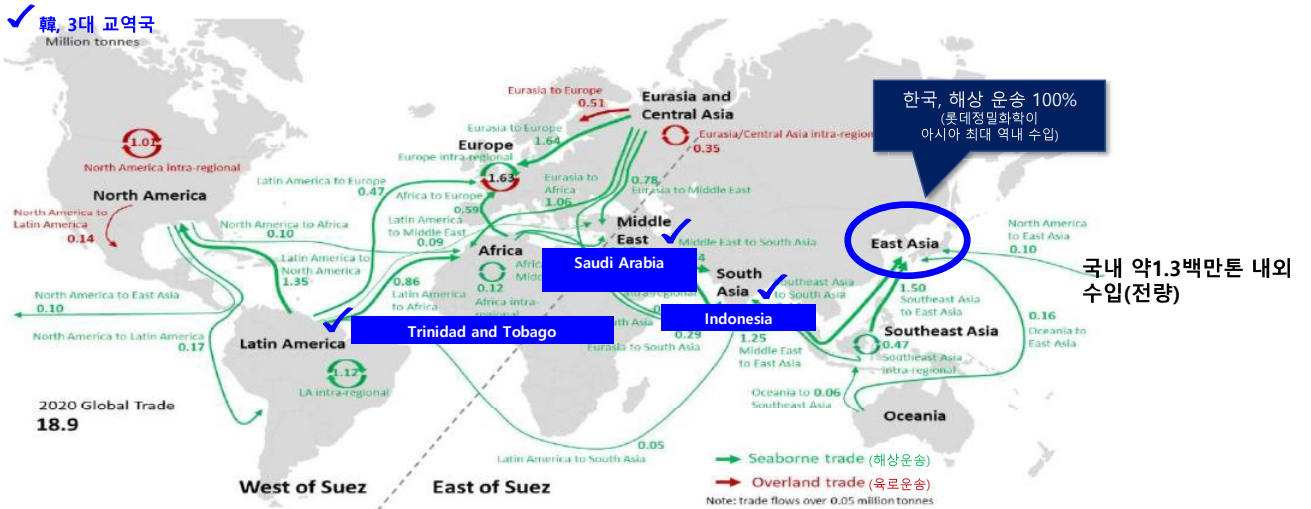


1. PAU (Panca Amara Utama, 암모니아/비료 제조사); 2. PKT (Pupuk Kalimantan Timur, 암모니아/비료 제조사)

# 1. 글로벌 암모니아 시장 현황



◆ 글로벌 암모니아 Trading Flow



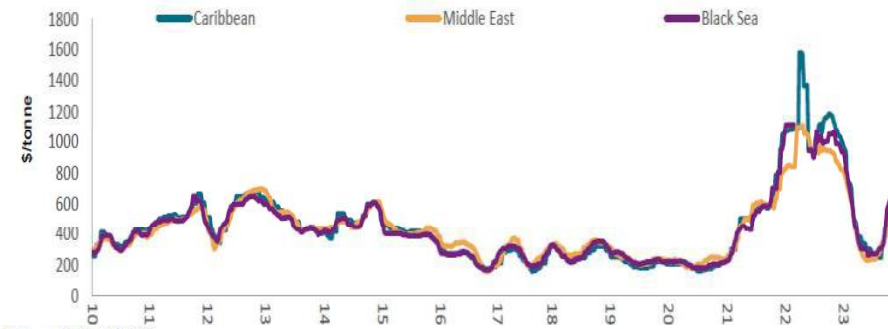
중동 수에즈 운하 기준 West Suez 와 East Suez 시장으로 이원화 되어 형성(운임 Barrier)  
→ 한국, 단위국가 전세계 4위권

# 1. 글로벌 암모니아 시장 현황



## ◆ 글로벌 암모니아 국제가 현황

Ammonia: Key Prices Chart



Data compiled Oct. 26, 2023.  
Source: S&P Global Commodity Insights.  
© 2023 S&P Global.

### 현재

- “수요 감소 가격 하락 후 반등”
- ✓ 유럽 천연가스 가격 안정화
- ✓ 비료 및 산업용 수요 감소 지속
- ✓ 공급 설비 일시 트러블

‘24년 대규모 물량 공급 등  
가격 안정세 지속 전망  
\* 미국 GCA (1.4백만톤), ‘24년 1분기

### 전망

암모니아 공급 및 수요처 제한적 저장 설비로 인해 외부 환경에 따른 가격 탄력성 높은 편

# 2. 청정암모니아 수요 전망

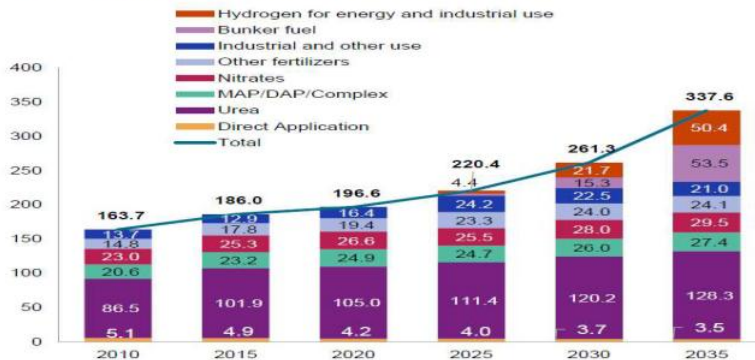


## ◆ 글로벌 암모니아 수요 전망

글로벌 에너지 전환 트렌드 영향으로 '25년-'35년 암모니아 수요 급성장(53%) 전망

→ 청정수소 캐리어, 암모니아 혼소, 선박연료 등 에너지 수요 '35년까지 약 1억톤 이상 성장 전망

World ammonia demand outlook, Mt



Data compiled: August 2023.  
Source: S&P Global Commodity Insights.

## 2. 청정암모니아 수요 전망

### ◆ 동아시아 암모니아 수요 전망

동아시아 연료용(에너지관련) 암모니아 '30년 11백만톤, '35년 31백만톤까지 신규 수요 전망  
 → 국내 '30년 5백만톤, '35년 10백만톤 이상 수요 증가 전망

East Asia ammonia demand outlook, Mt



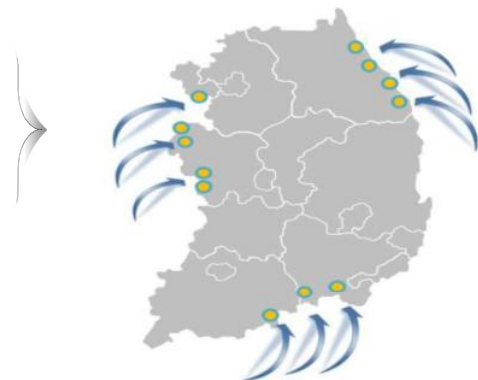
Data compiled: August 2023. Source: S&P Global Commodity Insights.

## 2. 청정암모니아 수요 전망

### ◆ 국내 암모니아 수요 전망

정부의 CHPS(청정수소발전의무)제도 '27년 실시 계획으로 연료용 암모니아 수요 확대 예상  
 부산항 글로벌 Top 10 벙커링 항구로 한국은 암모니아 벙커링 아시아 허브 성장 가능

- 정부 발표 청정수소 발전 수요량 (암모니아 기준)  
 : '30년 470만톤,
- 청정수소발전 입찰시장
  - 개요 : 탄소중립 달성 목적으로 '24년 청정수소 발전시장 Open
  - 방식 : 고정가격 입찰, 계약기간 10~15년
  - '23년 정부발표 청정수소 발전량



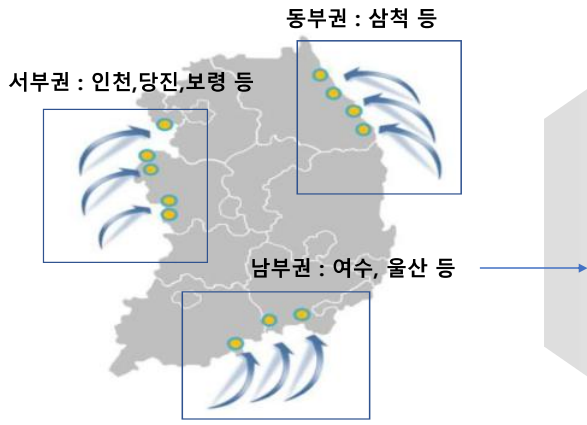
각 발전소별 암모니아 수입 인프라 및 주요 항만 벙커링 대비 인프라 확대 예상



## 2. 청정암모니아 수요 전망

### ◆ 인프라 구축 전망

발전소 인근 중심의 대규모 암모니아 터미널 구축(삼척 등 기 진행) 중



각 발전소별 암모니아 수입 인프라 구축 및 울산 등 에너지 항만인프라 선도지역 터미널 확장 추진 중

울산항만공사 울산(북)신항 프로젝트 추진 대규모 수소(암모니아)터미널

## 2. 청정암모니아 수요 전망

### ◆ 해외인프라 투자 사례 : 로테르담

Rotterdam studies large-scale ammonia cracking for hydrogen imports

Aditya Ayyar - December 8, 2022



로테르담 항구



수입 터미널 예상도

- > 100만톤/년 수소 생산(암모니아 약 5백만 톤) 대규모 암모니아 분해 플랜트 구축 F/S 중
- > 암모니아 크래킹 청정 수소는 산업단지 사용 또는 수소 배관을 통해 북서 유럽 산업단지로 이송
- > 북서 유럽 수소 수요의 상당량은 암모니아 수입을 통해 공급 될 전망
- > 참여업체 : Air Liquide, Aramco, BP, Essent, ExxonMobil, Linde, OCl, Shell, Sasol, Vopak, VTTI 등 18개 기업

### 3. 글로벌 공급 전망

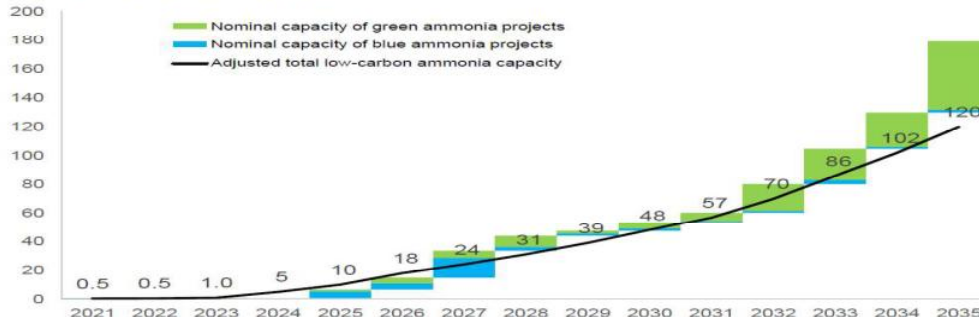


#### ◆ 글로벌 청정암모니아 공급 전망

'25-27년 블루 암모니아 중심 신규 생산 전망되며, '30년이후 점차 그린암모니아 생산으로 전환 전망  
 → '35년까지 1.2억톤 청정(블루+그린)암모니아 생산 Capa 확대 예상

Green and Blue ammonia projects and total capacity

Low-Carbon Ammonia Supply Forecasts



Data compiled: August 2023.  
 Source: S&P Global Commodity Insights.

### 3. 글로벌 공급 전망



#### 글로벌 청정암모니아 공급망 예상도

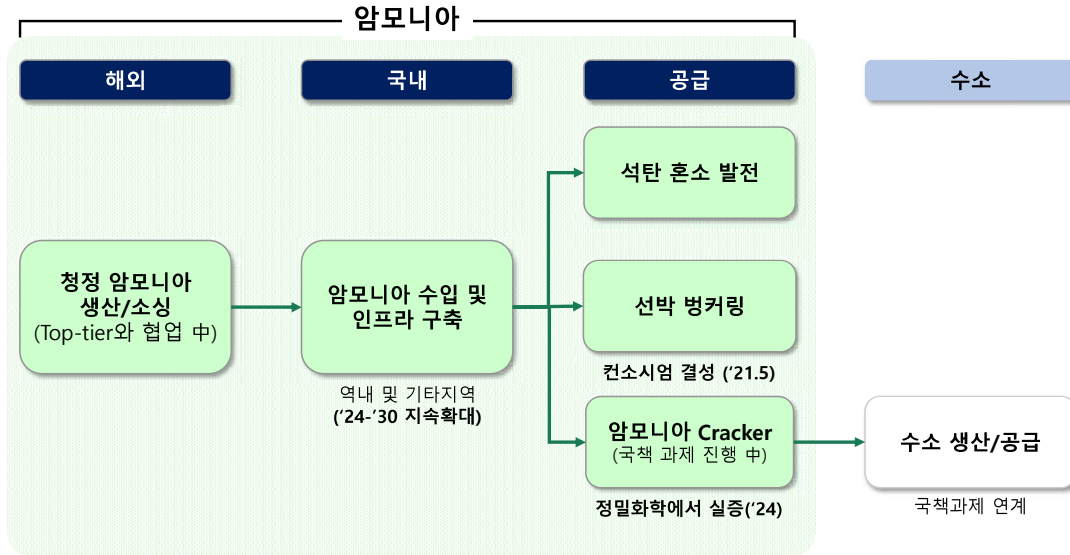
● 대한민국 ■ 수입지역 □ 수출지역



## 4. 롯데정밀화학 대응 전략



### ◆ 조달, 이송, 저장, 활용 등 전주기 사업 개발 진행 중



# 감사합니다



오늘을 새롭게, 내일을 이롭게. 롯데





주제발표 5

---

## 4행정 암모니아 엔진 개발 현황

HD한국조선해양 김기두 상무



# 4행정 암모니아 엔진 개발 동향

2023. 11. 8  
HD한국조선해양 미래기술연구원  
김기두 상무

 HD한국조선해양



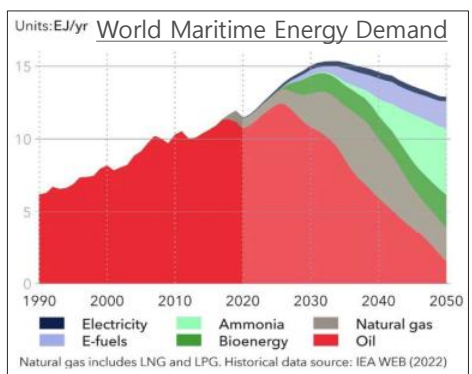
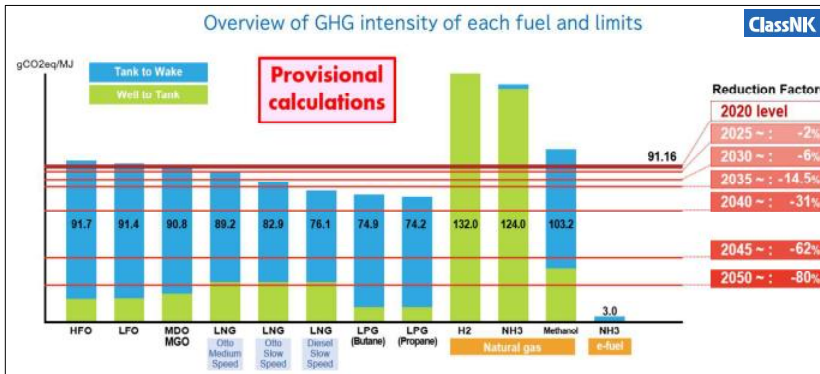
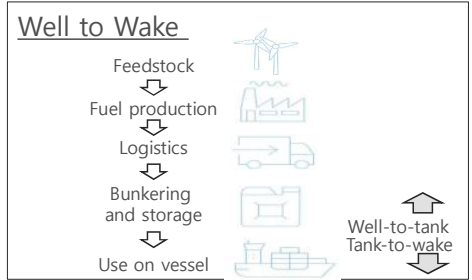
## 차례

 HD한국조선해양

- 선박 온실가스 규제
- 탄소중립연료 필요성 및 현황
- 선박연료로서 암모니아 전환을 위한 필요사항
- 4행정 암모니아 엔진 연구개발 현황 및 계획

# IMO 2023 GHG 감축 전략

- ▶ **비전**
  - 가능한 한 빠르게 국제 해운의 온실가스 배출량을 단계적으로 퇴출
- ▶ **의욕수준(Levels of ambition)**
  - '30년까지 운송업무량당 Carbon Intensity 40% 저감(2008년 대비)
  - '30년까지 무탄소 연료 / Near Zero 탄소 연료 5% 사용(10% 까지 노력)
  - '50년(경)까지 온실가스 순배출량 **Net Zero** 달성(Well to Wake 기준)
- ▶ **중간 점검 지표(Indicative Checkpoints)**
  - '30년까지 온실가스 순배출량 20% 감축(30%까지 노력, WtW)
  - '40년까지 온실가스 순배출량 70% 감축(80%까지 노력, WtW)



# 탄소중립 연료의 비교

탄소중립 연료의 특징				연료의 물리적 특성					
연료	장점	단점	생산 단가 [USD/MWh] (2050년 예상)	Fuel type	LHV [MJ/kg]	Vol. Energy density [MJ/L]	Storage pressure [bar]	Storage temp. [°C]	Tank volume*
Advanced biofuels	<ul style="list-style-type: none"> <li>엔진 개조 없이 기존 연료 혼합 사용 가능한 단기적인 옵션</li> <li>인프라 갖춰져 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오매스공급의 지속가능성이 중요한 요소(생산량 한계)</li> <li>도로 운송/항공 분야의 경쟁</li> </ul>	72-238	Liquefied Ammonia	19	12.7	1 or 10	-34 or 20	4.1
바이오메탄	<ul style="list-style-type: none"> <li>LNG 대체 가능</li> <li>LNG 인프라 사용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생산 단가가 원료 공급 및 가격에 영향을 크게 받음</li> <li>확장성 및 수송성 한계로 해상연료로 부적합 예상</li> </ul>	25-176	Liquefied Hydrogen	120	8.5	1	-253	7.6
수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>수전해 및 재생에너지 가격 하락에 따라 가격 낮아질 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>단거리 항해용으로 적합</li> <li>초저온/고압 저장 가격 높음</li> </ul>	66-154 (32-100)	Methanol	20	15.8	1	Ambient	2.3
메탄올	<ul style="list-style-type: none"> <li>엔진 개조 필요 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> 공급 양과 가격</li> </ul>	50-300 (107-145)	Methane	50	23.4	1	-162	2.3
암모니아	<ul style="list-style-type: none"> <li>무탄소 연료(CO<sub>2</sub> 캡처 필요 없음)</li> <li>중장기적 관점에서 선박 대체연료로 가장 적합</li> <li>암모니아 엔진 개발이 key milestone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>독성, 부식성 있음 (다만 이미 처리 기술 성숙도 높음)</li> </ul>	(67-114)	LPG	46	25.5	1	-42	2
				MGO	43	36.6	1	Ambient	1
				HFO	40	35	1	Ambient	1

- 단기적으로 Advanced biofuel이 CO<sub>2</sub> 저감에 주요한 역할을 할 것임.
- 중장기적으로 그린 수소 기반의 연료, 특히 **그린 암모니아**가 **해운 부문 탈탄소화의 중추적인 역할을 할 것으로 예상**
- 수소는 극저온 및 과다 체적의 탱크, 수소 액화소요 에너지 과대 해결 필요 → **수소운반선 및 연안선 위주로 확대 예상**

**IRENA** A pathway to decarbonize the shipping sector by 2050, 2021. 10

**Öko-Institut e.V.** Ammonia as a marine fuel, 2021. 6



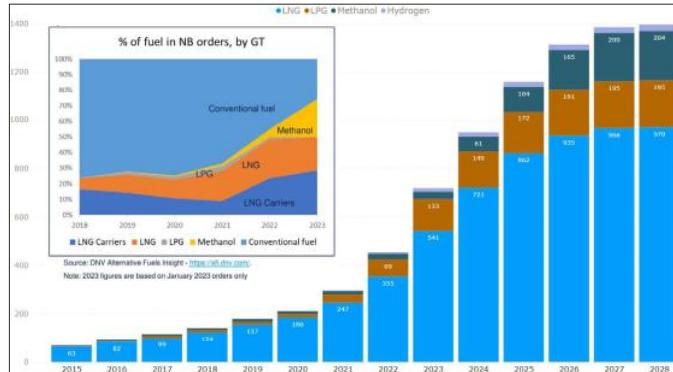
# Alternative Fuel Ship Order

- 디젤 : 2020년 이후 급격한 감소추세
- LNG : LNG 운반선 및 Container선 추진 연료로 Order 증가 및 증가폭 둔화
- LPG : LPG 운반선 추진 연료로 Order 증가 및 증가폭 둔화
- 메탄올 : Container선 추진 연료로 급격한 증가세
- 수소 : Cruise ship 등 소형 선박용

- DNV Class의 58척이 '암모니아 Ready'로 발주
- 암모니아로의 전환에 필요한 기술이 해결되면 암모니아 추진 확대 예상

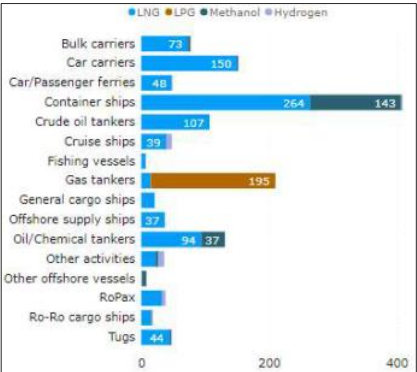


Growth of alternative fuel uptake by number of ships\*



\* LNG carriers are not included in the LNG fuelled numbers

Alternative fuel uptake by Ship type\*



# 암모니아 전환에 필요한 기술

Risk area	Requirements
안전성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highly toxic to humans</li> <li>• NH<sub>3</sub> Exposure to Crew</li> <li>• Emergency response plan and accident preparedness</li> </ul>
환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissions data for engine, especially N<sub>2</sub>O</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial availability of engine</li> <li>• Construction at reputable shipyard</li> </ul>
기준/규정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentation for equivalences, Flag approval, insurance</li> <li>• Toxic cargo not allowed to be used as fuel.</li> </ul>

## 암모니아의 인체 유해 정도

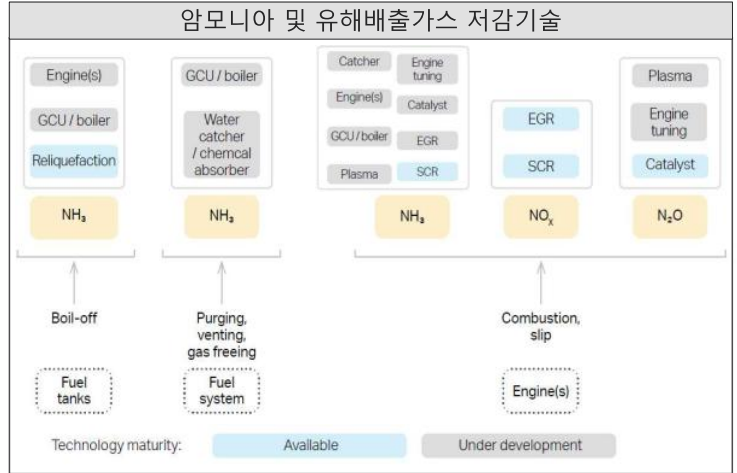
기준 농도	피해 유형 및 강도	비고
0 ~ 2 ppm	냄새	악취방지법
~ 25 ppm	독성 (비치료)	한국산업안전보건공단 최대허용농도 (8시간)
~ 300 ppm	독성 (경미상)	미국 국립 직업안전위생연구소 즉시건강위험농도 (30분)
~ 3,500 ppm	독성 (산재)	영국보건안전청 위험 독성 용량 (30분)
~ 6,000 ppm	독성 (중대성)	
6,000 ppm 초과	독성 (사망)	연소하한계~연소상한계
150,000 ~ 280,000 ppm	화재·폭발 (중대성, 사망)	

# 안전 : 암모니아 배출규제 및 유해배출가스 저감기술

- 선급 별 암모니아 배출규제와 가이드라인 수준 차이 존재
- 암모니아 적용 경험이 누적되면 선급 별 가이드라인의 수렴 예상
- 암모니아 및 유해배출가스는 다양한 기술로 저감 가능

 Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping

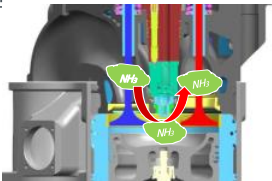
선급별 암모니아 배출규제 및 가이드라인			
선급	배출/배기 한계	알람 조건	안전시스템 작동 조건
ABS	10 ppm	25 ppm	150 ppm
BV	30 ppm	30 ppm	30 ppm
ClassNK	25 ppm	25 ppm	300 ppm
DNV	30 ppm	150 ppm	350 ppm
KR	-	25 ppm	300 ppm
LR	-	25 ppm	220 ppm



# 환경 : 암모니아 엔진 연소 배기가스 배출물

### NH<sub>3</sub> slip

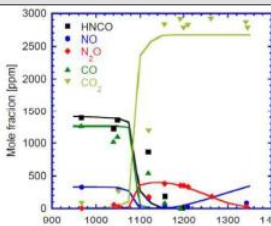
- Crevice volumes 내 미연 연료의 슬립
- 흡배기밸브 오버랩 구간에서의 연료 슬립 (흡기→배기)
- 벽면 소염 및 불완전연소로 인한 미연 발생



NH<sub>3</sub> slip during valve overlap

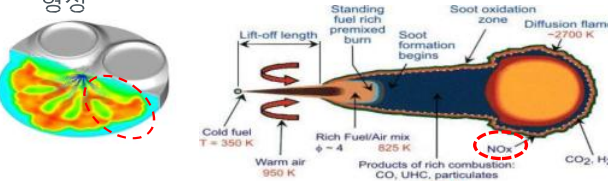
### N<sub>2</sub>O


- 암모니아 산화 과정 중 발생하는 화학종으로, 약 1,200 K의 온도 및 희박공연비 조건에서 최대 발생
- N<sub>2</sub>O 발생을 억제하기 위해 고온의 연소조건이 필수적임



### NOx

- Thermal NOx: 고온의 연소 조건에서 연소 공기의 질소와 산소가 결합해 형성 (1,600 K 이상)
- Fuel NOx: 연료의 질소와 연소 공기의 산소가 결합해 형성



Emission reduction targets 	
NH <sub>3</sub> Slip	10~30 ppm
NOx	Tier III (≈ 2 g/kWh)
N <sub>2</sub> O	0.06 g/kWh
SOx	N/A
PM	N/A

\* NH<sub>3</sub> Slip과 NOx 1:1 배출후 SCR 후처리도 방안

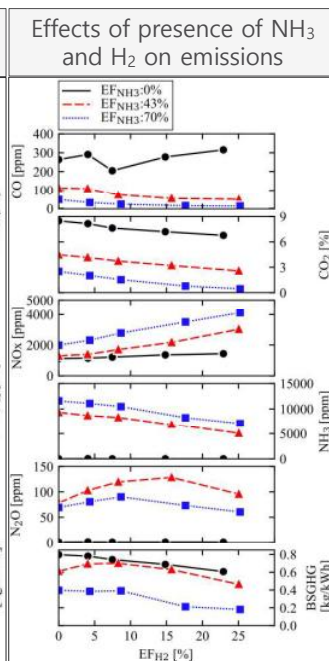
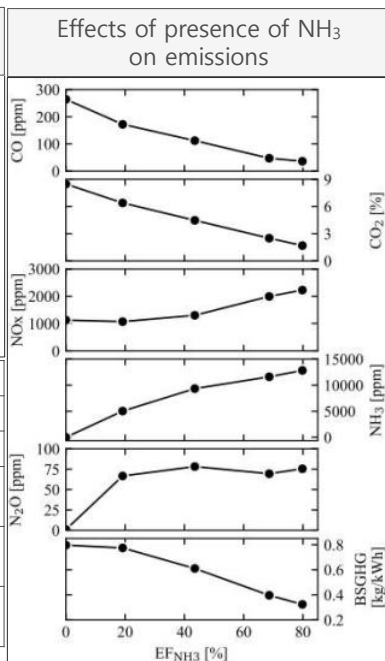
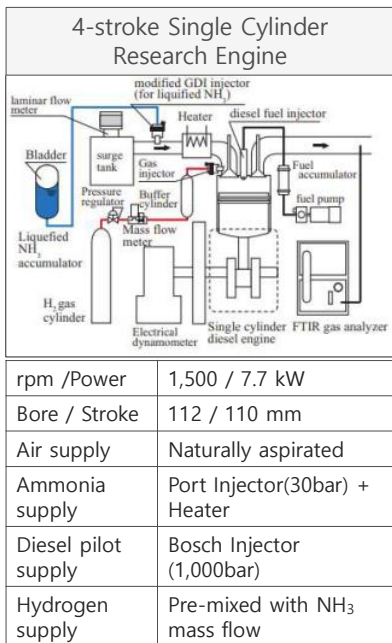
# 기술 : 암모니아 엔진 연소시스템 및 연료 특성

연소 컨셉	저압 포트분사	고압 직분사	
작동사이클	Otto (예혼합연소)	Diesel (확산연소)	
연료 분사압	저압	고압	
착화	Pilot fuel	Pilot fuel	
출력	Medium	High(디젤 동등)	
효율	Medium	High(디젤대비 저하)	
에미션	NOx	Low	Medium
	N <sub>2</sub> O <sup>1)</sup>	High	Low
	NH <sub>3</sub> Slip	High	Low

Fuel	Ammonia	MGO	LNG
Flash point [°C]	132	52	-188
Auto ignition temperature [°C]	651	250	595
Boiling point at 1 bar [°C]	-34	20	-162
Low Heating Value [MJ/kg]	18.6	42.7	50.0
Flammable range in the air [%]	15~28	0.6~5.5	5~15
Laminar flame speed [cm/s]	12	90	40
Energy density, liquid [MJ/L]	12.7	36.6	21.2
Stoi. Air-Fuel Ratio, mass [-]	6.04	14.3	17.2
Air consumption [-]	94	97	100

1) N<sub>2</sub>O GWP100 = 273 (AR6, 2021)

# 암모니아 엔진 : Daihatsu (Japan)

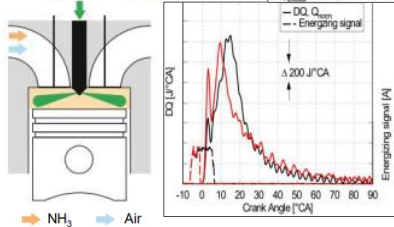


- 암모니아 80% 포트분사결과, NOx : 약 2,000 ppm, NH<sub>3</sub> : 약 12,500 ppm, N<sub>2</sub>O : 약 80 ppm
- 디젤 대비 약 60% GHG 감소효과 확인 (80% 암모니아 혼소)
- Pilot Fuel Fraction 20%
- 수소 첨가함에 따라 NH<sub>3</sub> Slip 감소효과 확인, 수소혼소에 NOx 4,000 ppm, NH<sub>3</sub> 6,000 ppm (Pilot Fuel Fraction 5%)

# 암모니아 엔진 : LEC (Austria)

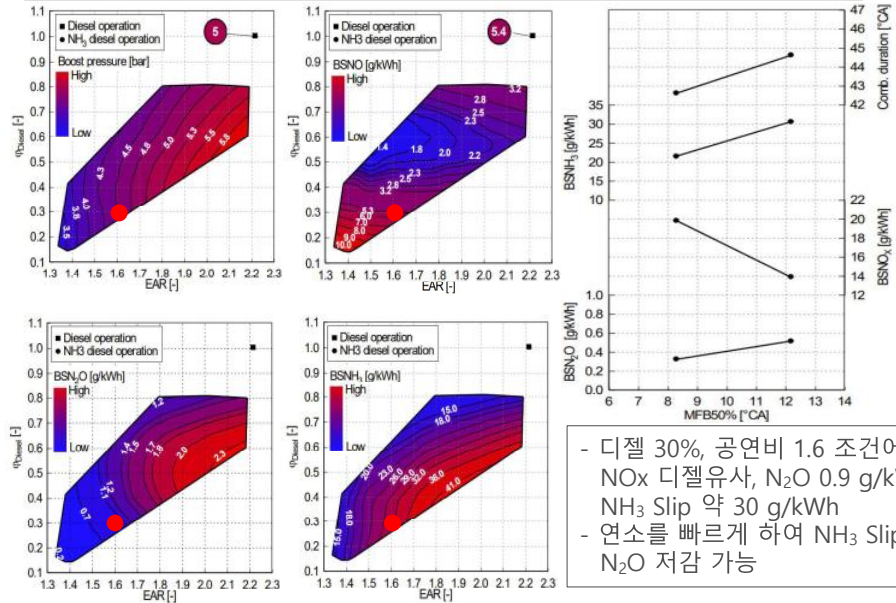
## 4-stroke Single Cylinder Research Engine

### CI combustion concept



rpm	1,350 / 1,500
Air Supply	external compressors with up to 10 bar boost pressure
Diesel pilot supply	2,200 bar injector
Ammonia supply	Central mixture formation

## Ammonia-Diesel Combustion at 25 bar BMEP



- 디젤 30%, 공연비 1.6 조건에 NOx 디젤유사, N<sub>2</sub>O 0.9 g/kWh, NH<sub>3</sub> Slip 약 30 g/kWh
- 연소를 빠르게 하여 NH<sub>3</sub> Slip 및 N<sub>2</sub>O 저감 가능

# 암모니아 엔진 : MAN ES, 4-Stroke (Germany)

## Single Cylinder Test Engine

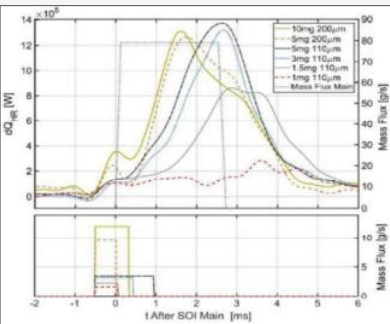


rpm / Power	1,800 / 180 kW
Bore / Stroke	175 / 215
Air Supply	external compressor
Diesel pilot supply	1,600bar Injector
Ammonia supply	고압(600 bar) injector (WLO사)

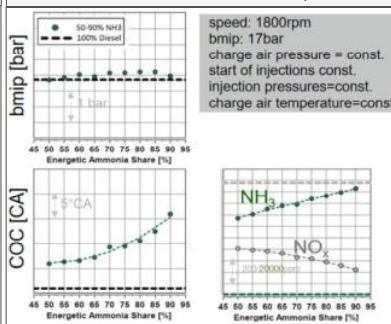
- 암모니아 90%에 NOx 약 200ppm, NH<sub>3</sub> Slip 약 90,000ppm
- 암모니아 20%, 중속(900rpm)에서 N<sub>2</sub>O는 약 5ppm, NH 약 600 ppm, NOx 약 630 ppm



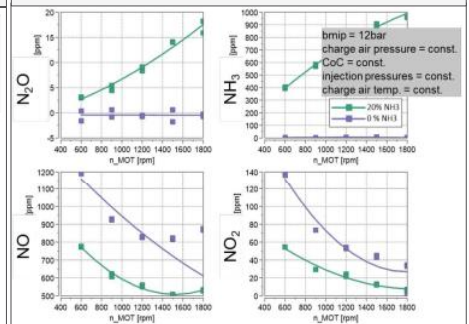
## RCEM\* - 파일럿 질량 및 파일럿 노즐 구성의 변형



## Variation of ammonia share, IMEP = 17 bar@1800 rpm



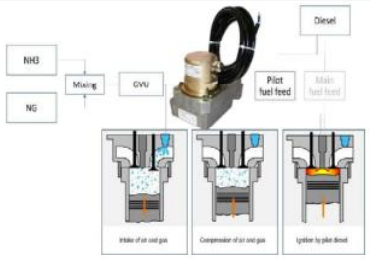
## Variation of engine speed for constant ammonia share, IMEP = 12 bar



\* : Rapid Compression Expansion Machine

# 암모니아 엔진 : Wartsila (Finland)

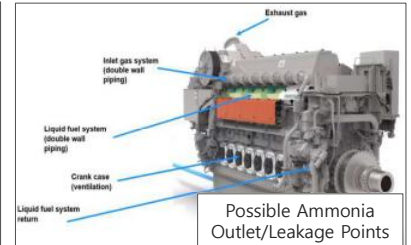
## Low Pressure Ammonia Engine



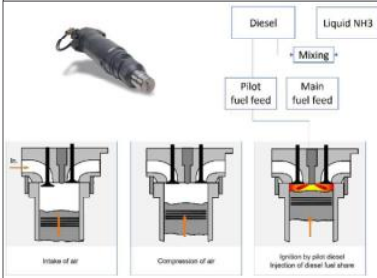
- '21. 7, 최대 70%의 암모니아 혼합물로 작동하는 엔진 개념을 입증
- 암모니아 60% 혼소에 CO<sub>2</sub>eq. 60% 감소
- 2023년까지 순수 암모니아로 작동하는 개념 수립

### 안전 확보

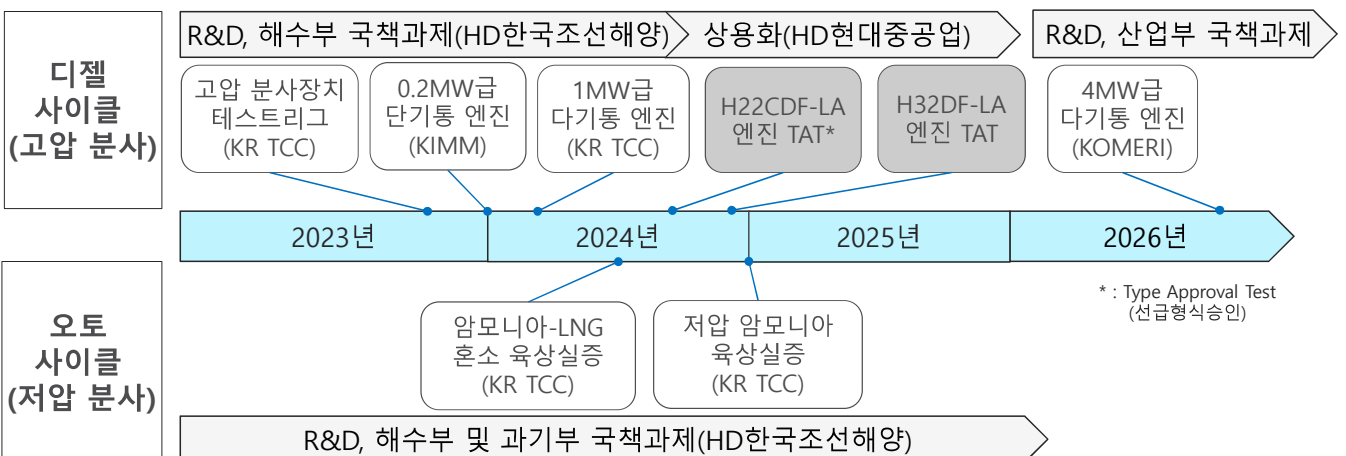
- 암모니아 센서 20개
- 암모니아 탱크 물분무포 및 유출 Pool
- CCTV 확대 설치
- 개인보호장비(PPE) 필수 착용
- 엔진 정지전 연료공급라인 질소 flushing 및 디젤 모드 운전(15분)
- 오일링 재질 변경



## High Pressure Ammonia Engine



# 암모니아 엔진 : HD현대그룹



\* : Type Approval Test (선급형식승인)



암모니아 고압분사장치 테스트리그 (KR TCC)



단기통 엔진 (KIMM)



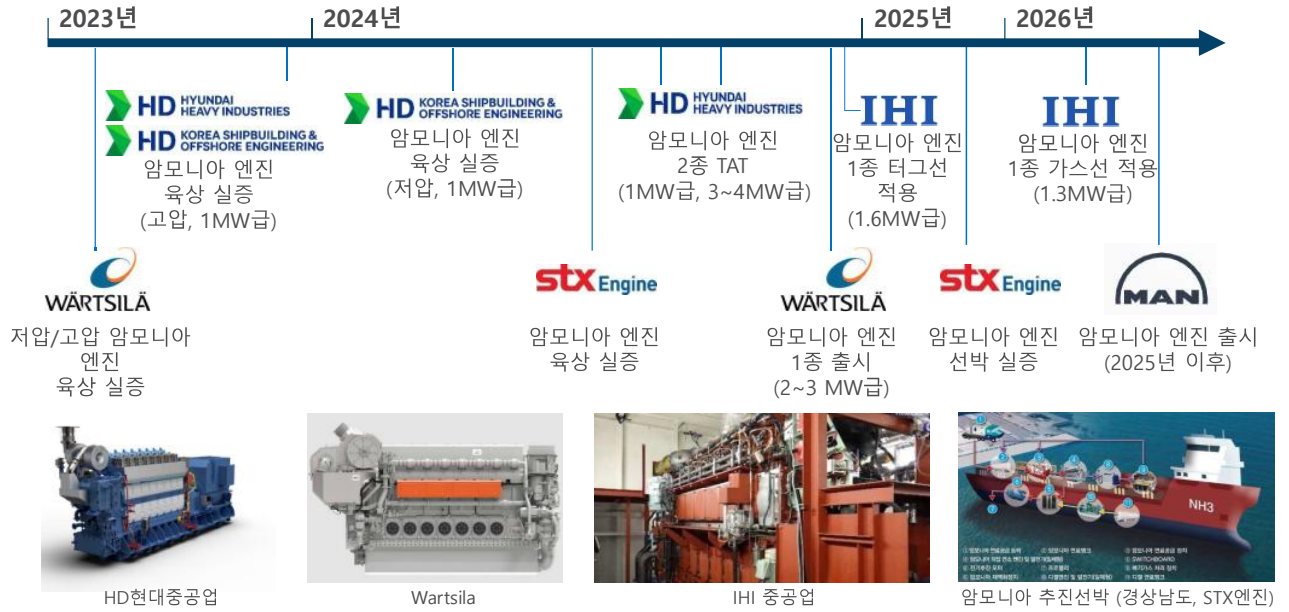
1MW급 대기통 엔진 (KR TCC)



대기통 엔진 (HHI)

# 4행정 암모니아 선박엔진 개발 계획

각사 홍보자료에 기초함. 일정은 월단위로 확인되어 있지 않음.



## 주제발표 6

---

### **2행정 암모니아 엔진 개발 현황**

MAN Energy Solutions 차상배 부문장





# MAN B&W ammonia engine development



## Agenda

MAN B&W ammonia engine development: Groundbreaking first engine test

- 1 Outlook for ammonia as a marine fuel**
- 2 Ammonia engine development**
- 3 Ammonia engine auxiliary systems and safety**
- 4 Summary**
- 5 Questions & Answers**

# Powering sustainable shipping by opening clear routes

**Methanol**  
ME-LGIM

**Ethane**  
ME-GIE

**Methane**  
ME-GI & ME-GA

**LPG**  
ME-LGIP

**Ammonia**

→

# 1250+

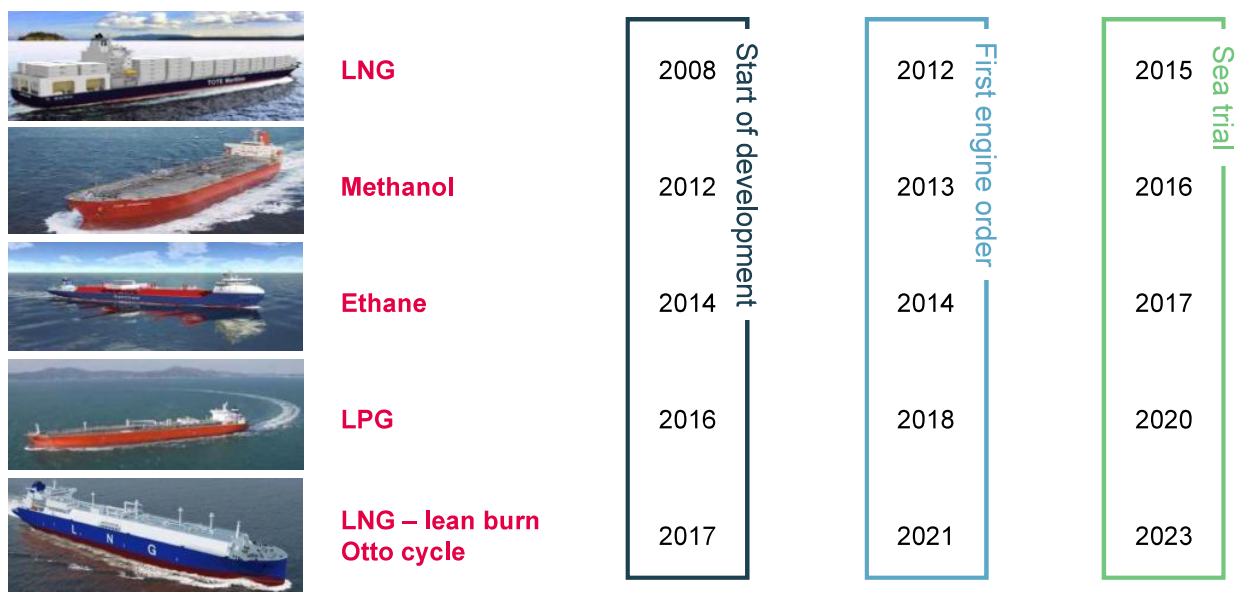
dual-fuel engine orders

MAN Energy Solutions

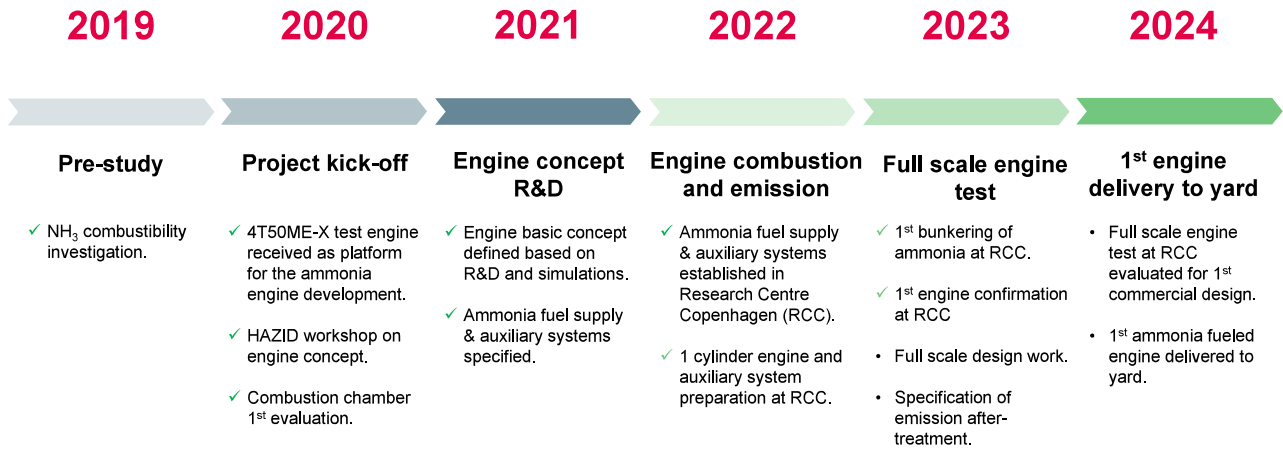
2023 MacNet 전략세미나 II- MAN B&W ammonia engine development 10/30/2023 3

## The dual-fuel success

Dual-fuel driven ships equipped with MAN B&W engines

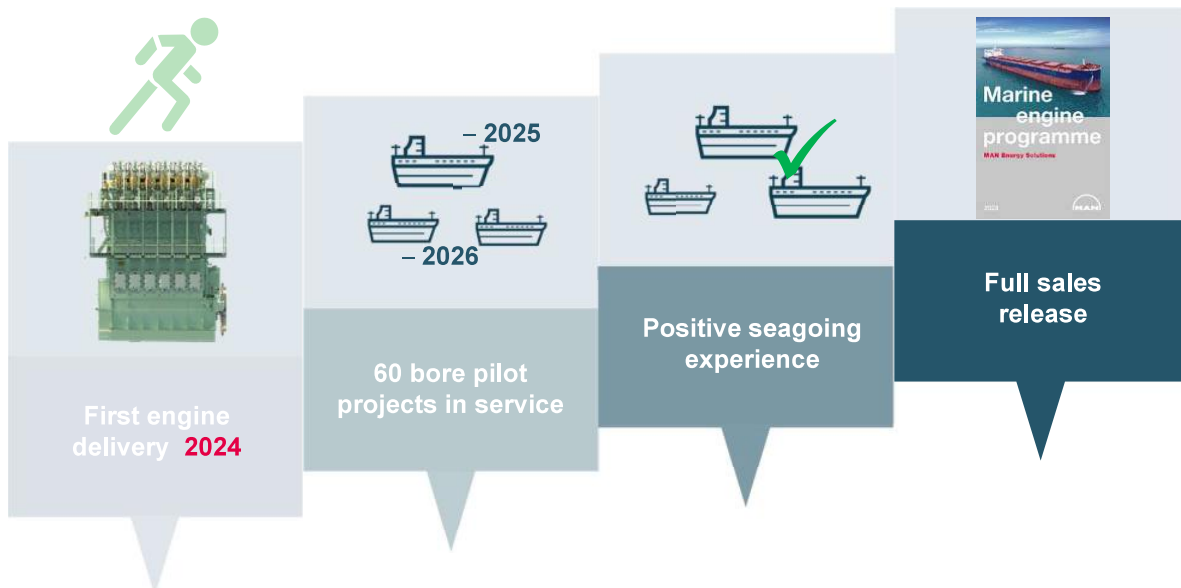


# Two-stroke ammonia engine development schedule



# Two-stroke ammonia engines

Market introduction



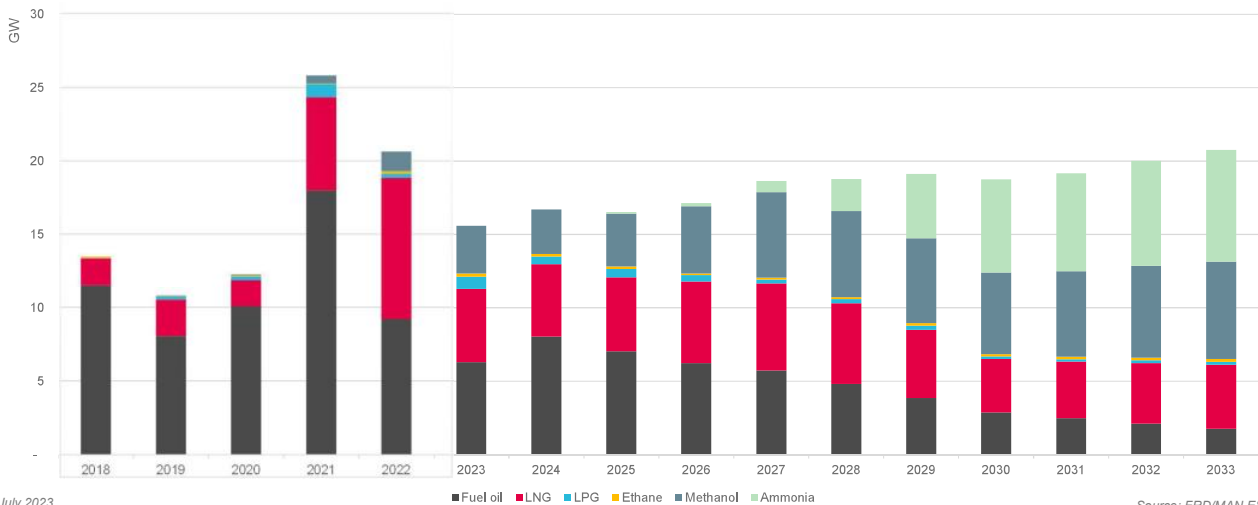


# 1 Outlook for ammonia as a marine fuel

## Two-stroke contracting mix forecast

Expecting a rapid uptake in ammonia engine contracting by the end of this decade

Two-stroke Contracting by Fuel



July 2023

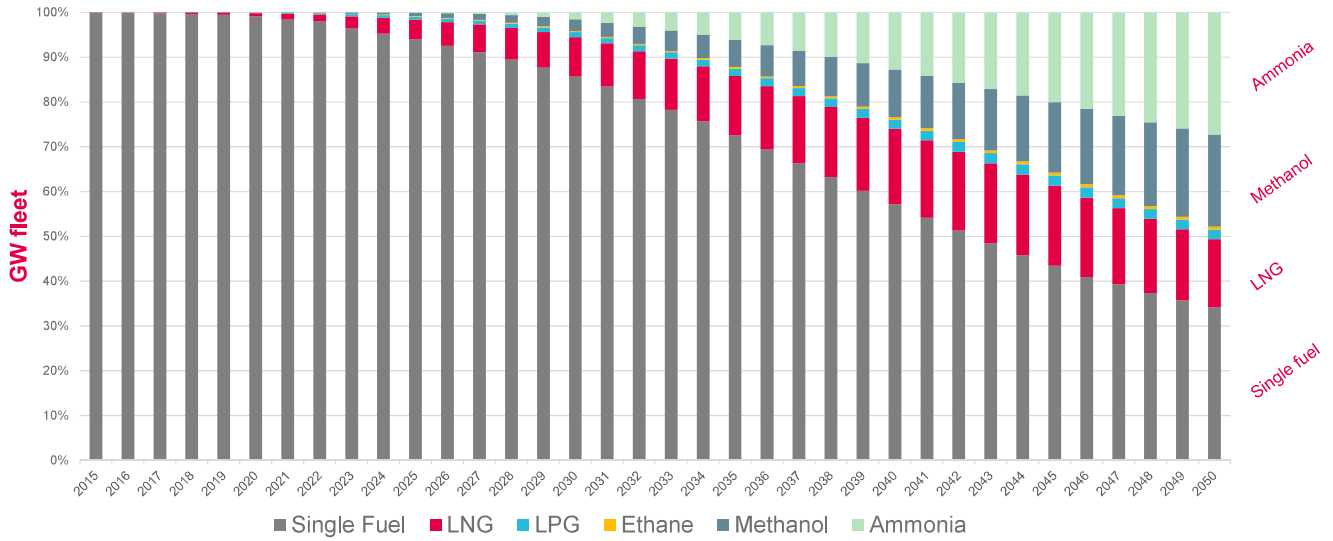
■ Fuel oil ■ LNG ■ LPG ■ Ethane ■ Methanol ■ Ammonia

Source: FRD/MAN ES

Assumptions: Scenario is based on known factors such as world trade growth, EEDI, EEXI, expected CO2 regulation (currently unspecified), etc.

# Two-stroke fuel mix forecast towards 2050

Distribution of 34% single fuel, 27% ammonia, 21% methanol, and 15% LNG expected in 2050



Assumptions: Scenario is based on known factors such as world trade growth, EEDI, EEXI, expected CO2 regulation (currently unspecified), etc.

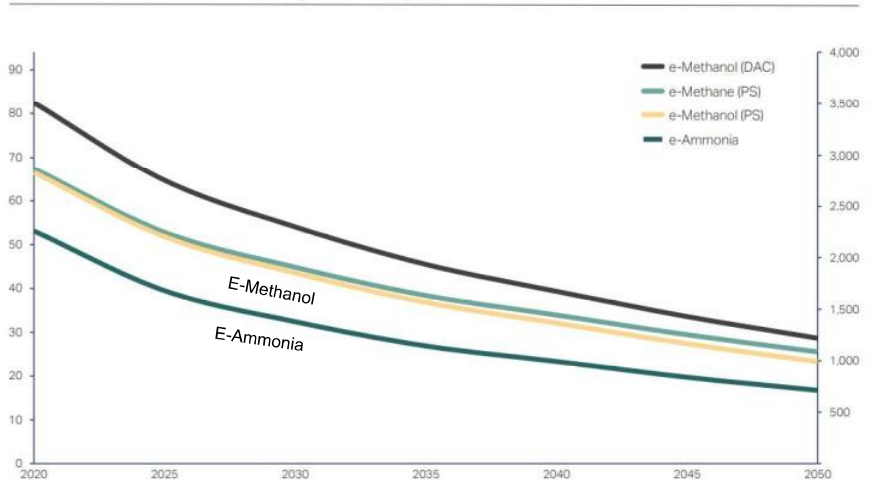
## Price of e-fuels?

It is not possible to foresee the market-based prices of e-fuels – looking into the production cost provides certain indicators

**Ammonia is expected to be the least costly energy dense e-fuel to produce**

E-ammonia is made from green hydrogen and N<sub>2</sub>, which is available in the atmosphere and cheaper to obtain than the biogenic CO<sub>2</sub> needed for carbon based e-fuels

Cost2 in USD/GJ (left) and USD/LSFOe1 (right) for the cheapest e-fuels



Source: Maersk McKinney Møller Center for Zero Carbon Shipping [https://cms.zerocarbonshipping.com/media/uploads/documents/Fuel-Options-Position-Paper\\_Oct-2021\\_final\\_2022-06-07-102920\\_edov.pdf](https://cms.zerocarbonshipping.com/media/uploads/documents/Fuel-Options-Position-Paper_Oct-2021_final_2022-06-07-102920_edov.pdf) page 58

# Demand for ammonia from shipping is expected to be high

## Expected demand for ammonia from large merchant marine shipping

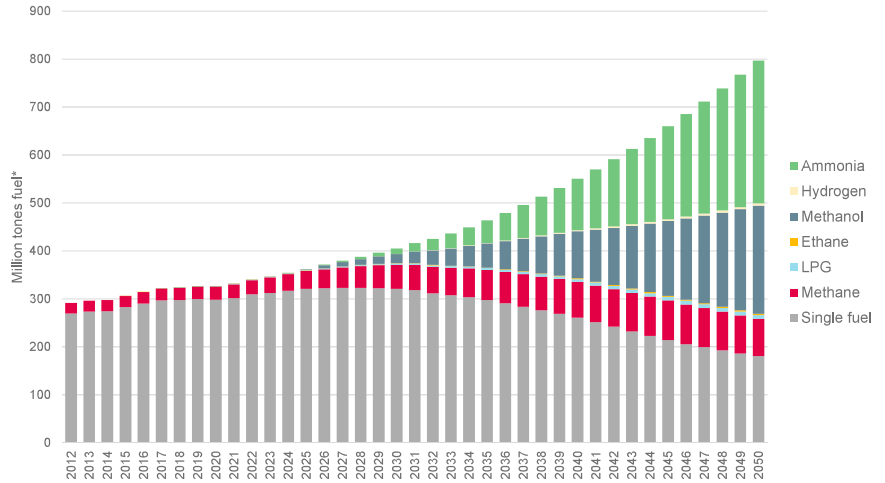
2030: 22 million tons

2035: 70 million tons

2040: 141 million tons

2050: 345 million tons

Very large opportunities for ammonia and methanol carriers

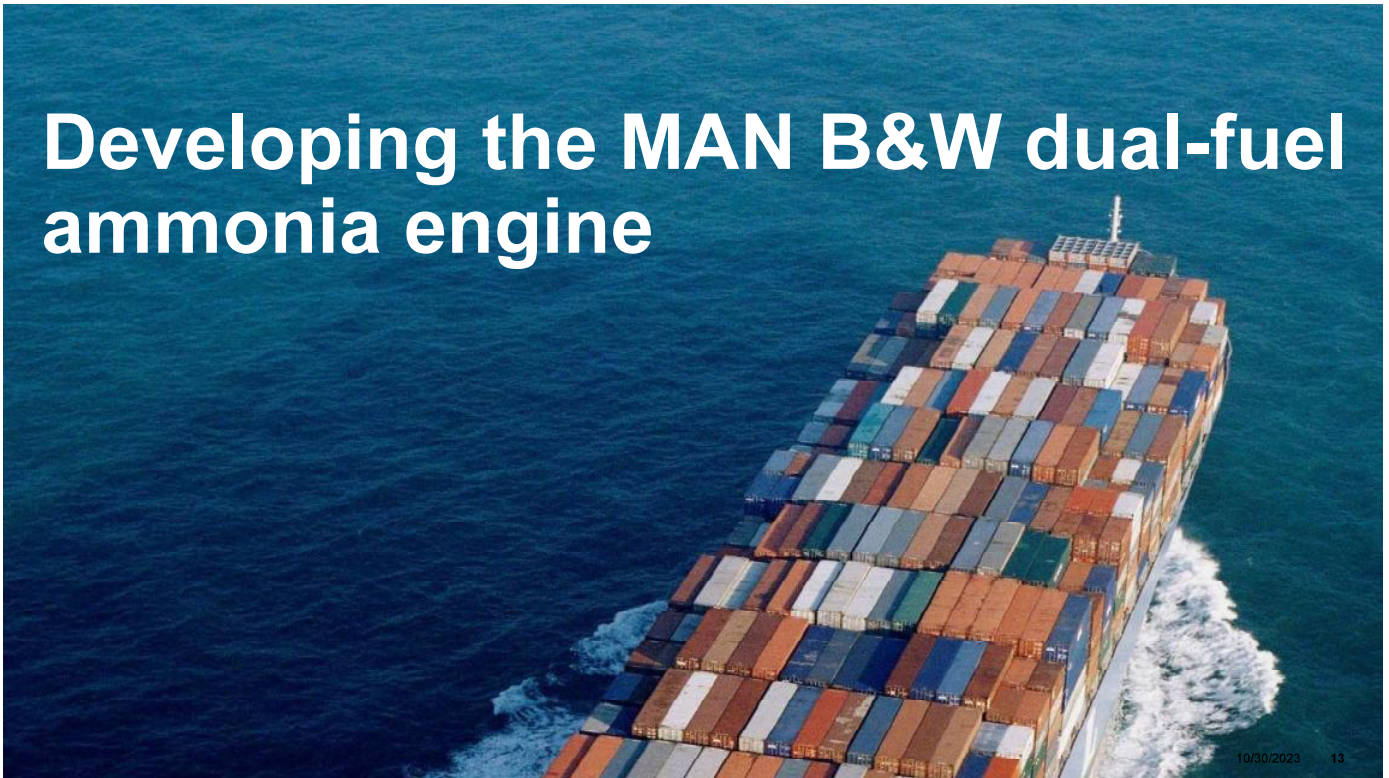


\*Mass of the fuel types: Energy content of fuels varies due to differences in gravimetric heating value



## 2 Ammonia engine development

# Developing the MAN B&W dual-fuel ammonia engine



## What do we know from literature?

### No commercial ammonia engine exists

#### Academic research

- Successful running of ammonia engines in lab conditions
- Only small-scale engine results exist

#### Known challenges

- Diesel type (Non-premixed) combustion: poor ignition and incomplete combustion
- Otto type (Premixed) combustion: slow/incomplete combustion or even misfiring

#### Challenging engine emissions

- Unburned  $\text{NH}_3$
- $\text{NO}_x$
- $\text{N}_2\text{O}$  (nitrous oxide or laughing gas) – global warming potential (GWP) 298x that of  $\text{CO}_2$

# Technical challenges with ammonia

Ammonia is not a hydrocarbon

## Combustion and emissions

Ammonia is a poor engine fuel

- Difficult to ignite
- Slow to burn
- High evaporation enthalpy

Emission characteristics will be different from conventional engines

## On-board handling and safety

Ammonia is toxic and has an unacceptable odour even in low concentrations

Handling is known from ammonia tankers

Ammonia handling is significantly more challenging than that of LPG/methanol

No venting to surroundings is permitted

# Ammonia engine development

The LGI combustion principle

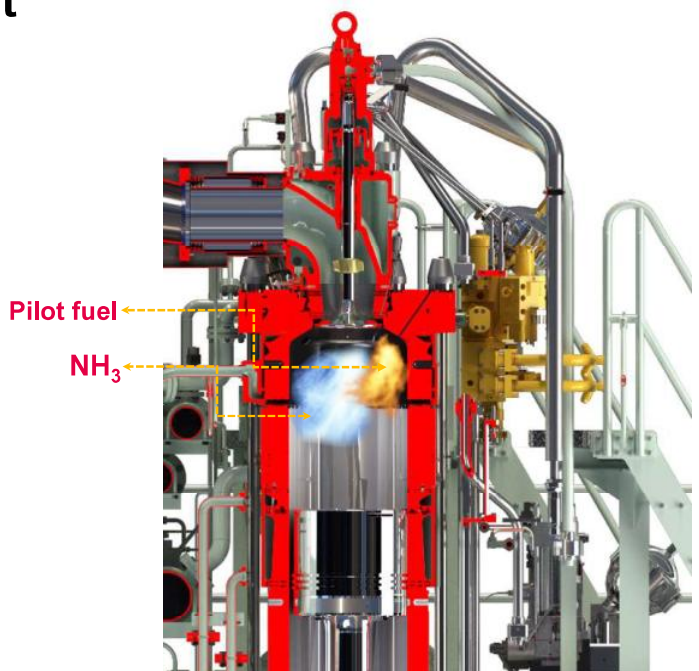
## The MAN B&W ammonia engine design philosophy

### “Ammonia mode”:

- Small pilot flame needed to start ammonia combustion
- Initial tests conducted with 10-15% pilot as a first step → R&D target is around 5% pilot oil at 100% load for L1-rated engines
- We target for same heat rate as “fuel oil mode”

### “Fuel oil mode”:

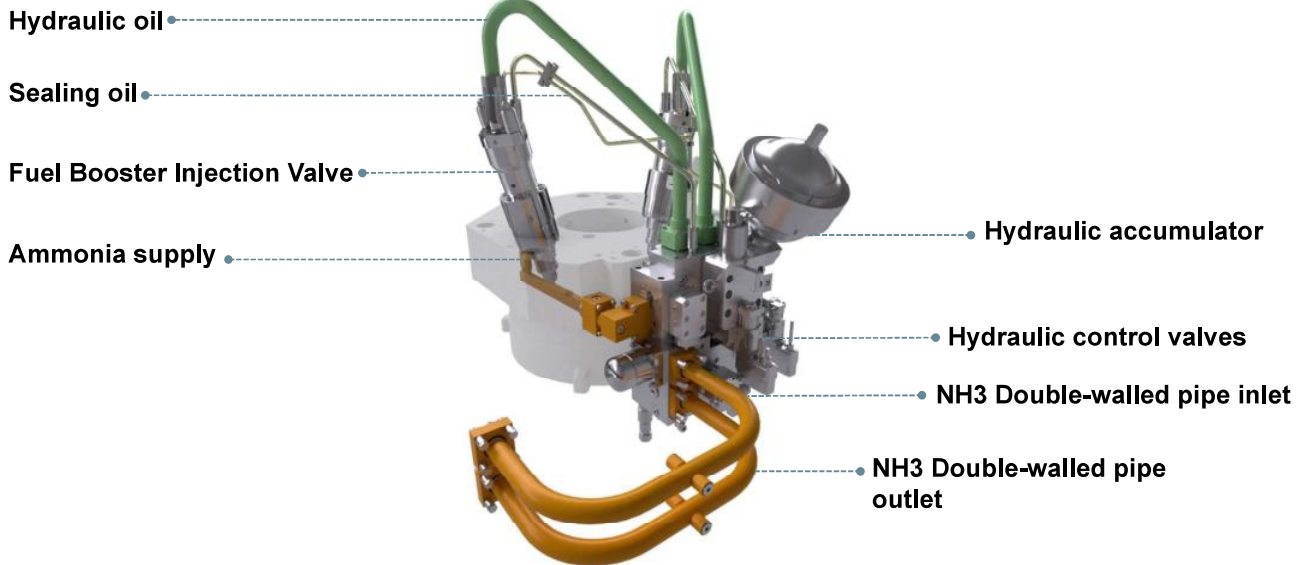
- We target identical performance as a conventionally fueled diesel engine





# Ammonia engine development

The LGI injection system



## Status at Research Centre Copenhagen

### Status on the ammonia test engine

- Ammonia combustion tests have been initiated within our R&D planning
- The ammonia prepared cylinder no. 4 is operated on diesel and ammonia and data are gathered for various parameters and configurations
- The ECS software is also being tested and verified.
- Data on the operation of the auxiliary systems are gathered and analyzed



# Ammonia engine development

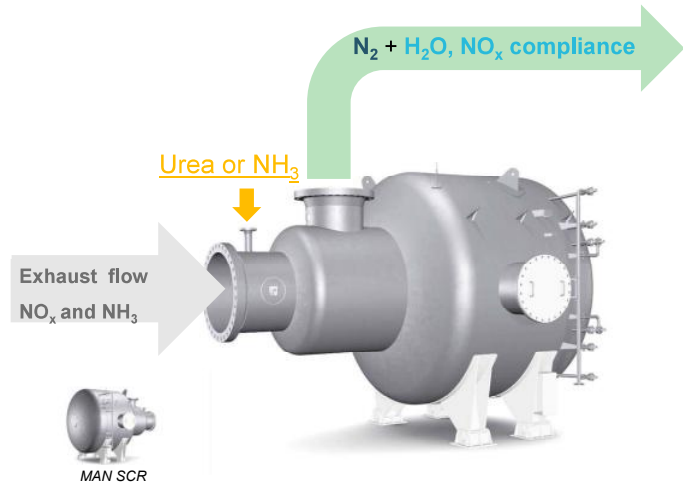
How do we handle potential Nitrous Oxide ( $N_2O$ ) emissions?

$N_2O$  is a very potent GHG with GWP of 298. It will also be accounted in on-going adopted regulations

- Nitrous oxide ( $N_2O$ ) will be removed by engine tuning

## Ammonia slip and $NO_x$ emissions

- Unburned  $NH_3$  and  $NO_x$  is removed in the SCR reactor
- Dosing of additional ammonia to SCR reaction if needed.
- Known SCR technology is suitable and MAN HP-SCR reactor can be applied

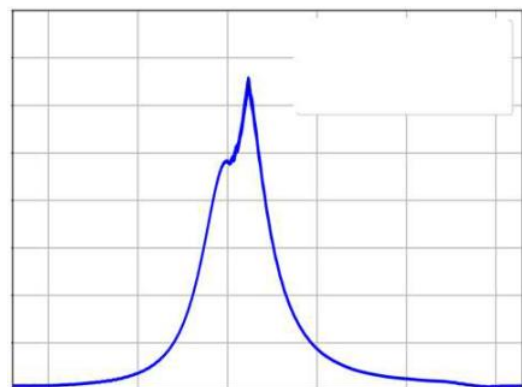


# Ammonia engine development

Initial combustion tests

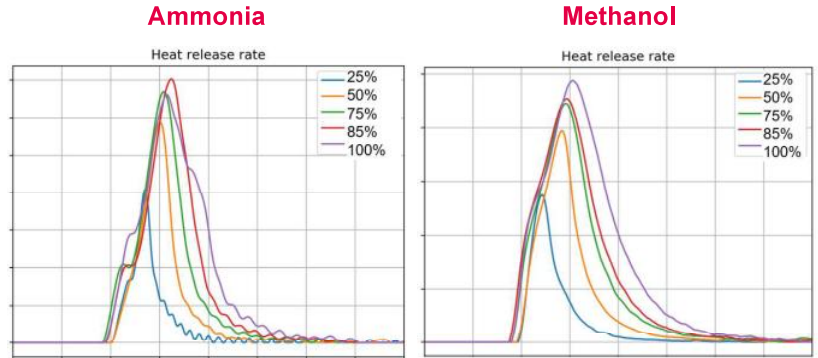
- Cylinder pressure is following the diesel principle
- Combustion has good stability behavior and acts like other fuels of hydrocarbon origin
- Robust compression and expansion curves and very good combustion stability on a cycle-to-cycle pressure variation

Cylinder pressure at 50% engine load



# Comparison to other fuels

- Similar combustion characteristics as methanol in our LGI principle
- Analysis of the gathered data indicate that the correct timing for the process is within scope
- MAN ES engine has achieved to demonstrate that even though ammonia is not a hydrocarbon fuel, when combusted with our LGI principle, it can combust as a hydrocarbon (e.g., methanol)



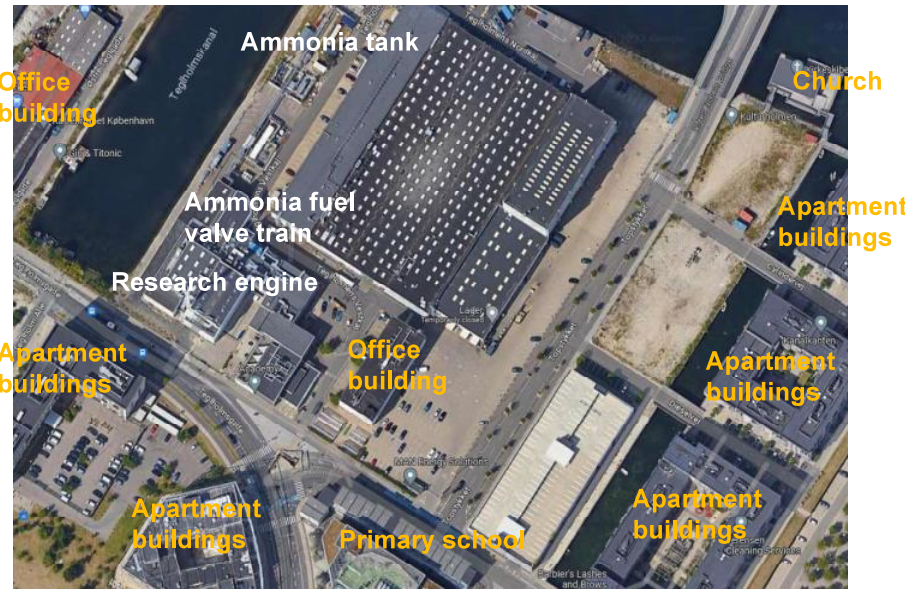
# Pilot consumption and emissions

<b>Pilot consumption:</b>	Similar to other LGI engines
<b>NO<sub>x</sub> emissions:</b>	Similar or slightly lower than reference diesel operation on MGO
<b>NH<sub>3</sub> emissions:</b>	Considerable – we plan to balance it to the NO <sub>x</sub> emissions and then remove both by SCR technology
<b>N<sub>2</sub>O emissions:</b>	Very low



### 3 Ammonia engine auxiliary systems and safety

### The ammonia test engine at the RCC



# Ammonia engine auxiliary systems

Overview of RCC in Copenhagen



Engine modification

Fuel valve train

Double wall ventilation scrubber

Pipe arrangement modification

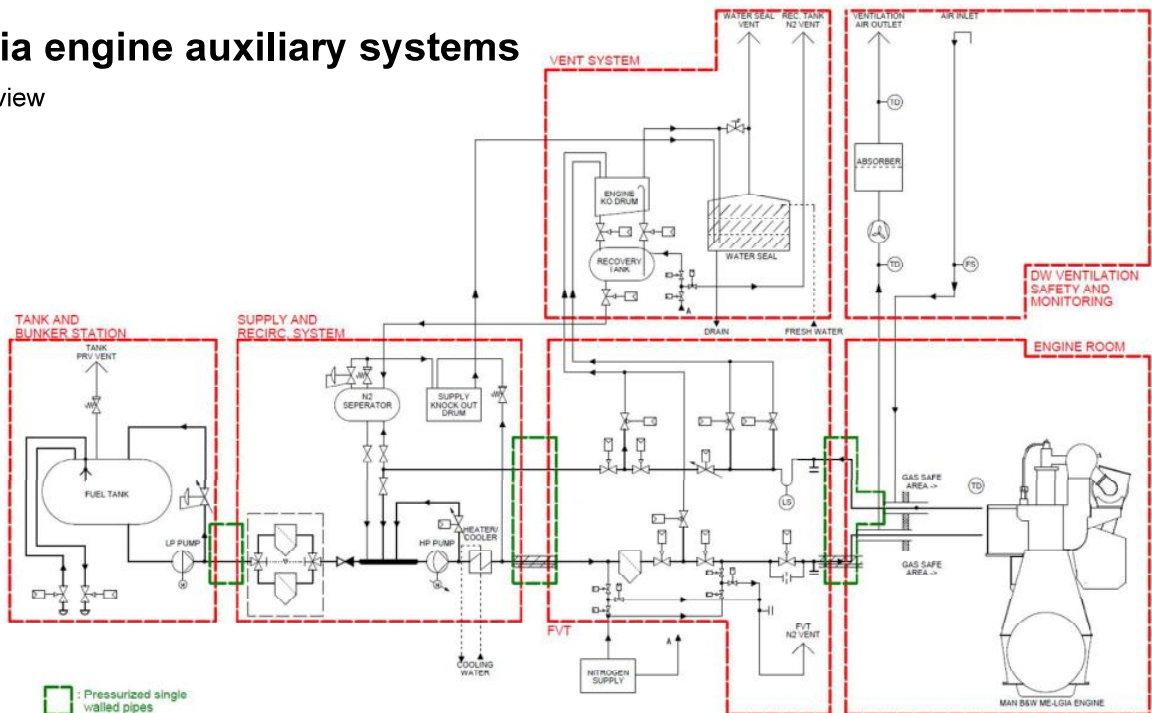
Supply and recirculation system and water seal

Ammonia bunkering area

Ammonia tank

# Ammonia engine auxiliary systems

System overview



# Ammonia Catch System

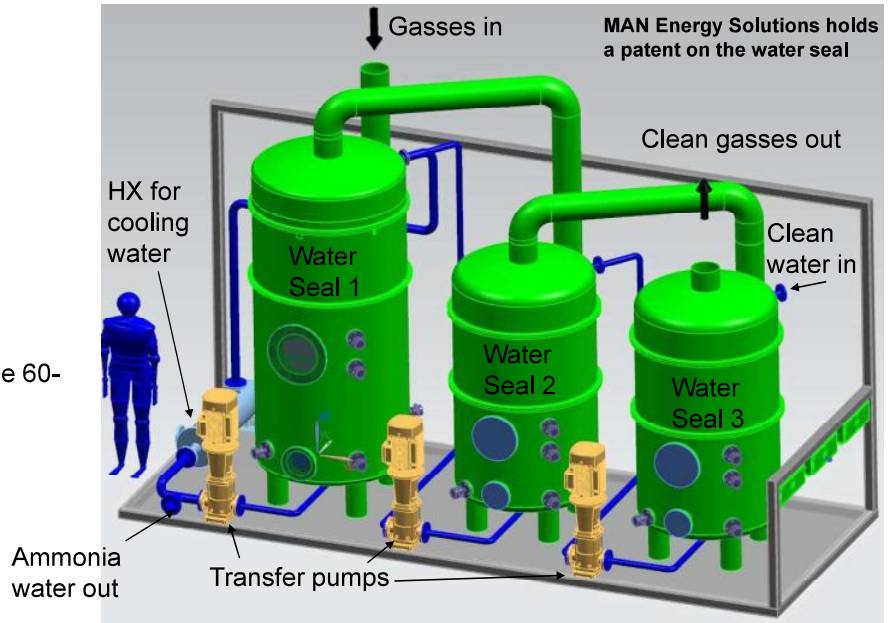
Progress – water seal

Optimized from initial design

Approx. skid size:

- Length: 7m
- Width: 2,5m
- Height: 3,5m

System designed for the first commercial ammonia engine of the 60-bore type.



## 4 Summary

# Summary

## Ammonia engine development

- High expectations to ammonia as a marine fuel
- Combustion tests in progress with positive results
- First MAN B&W ammonia engine size is 60-bore
- Seagoing experience before full sales release



**Ammonia engine development is progressing at full steam ahead!**

## 5 Questions & Answers

# Disclaimer

All data provided in this document is non-binding.

This data serves informational purposes only and is especially not guaranteed in any way.

Depending on the subsequent specific individual projects, the relevant data may be subject to changes and will be assessed and determined individually for each project. This will depend on the particular characteristics of each individual project, especially specific site and operational conditions.



# Thank you very much!

**Sangbae Cha (차상배 부문장)**  
Head of Marketing Marine Solutions  
MAN Energy Solutions Korea  
[sb.cha@man-es.com](mailto:sb.cha@man-es.com)  
Mobile : +82-10-5882-7511







Maritime Cluster Networking in Korea  
[www.macnetkorea.com](http://www.macnetkorea.com)