

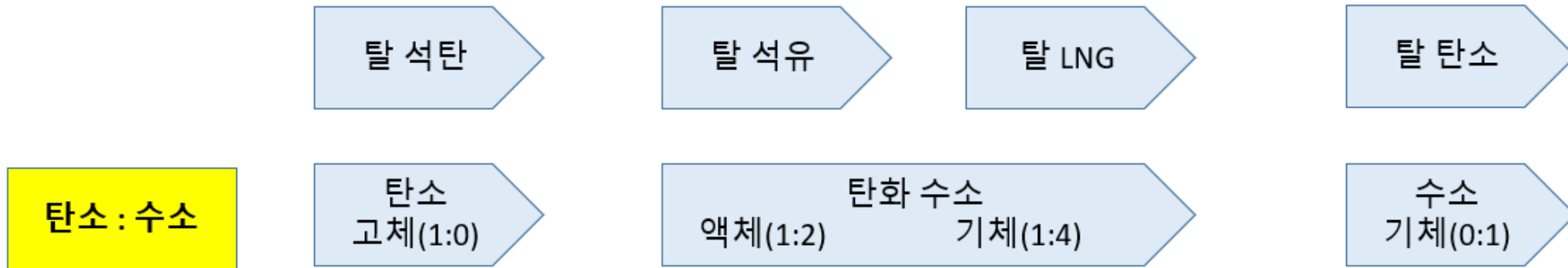
해운 대체연료의 전망과 경제성

- 속도보다 방향이다.
- IMO / EU 의 규제 확정 의미
- HFO(화석) vs. LNG, MeOH, NH3, LH2, 바이오, 합성연료 & 지속가능성
- 발주선/현존선 대응 어떻게 ?

July 2023
C.W. KIM / Korean Register

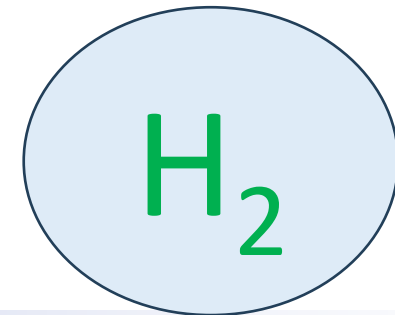
- 들어가며
 - 탈탄소 / 규제단위의 이해
- 국제 규제 동향 브리핑
 - IMO / EU / 미국
- 대체연료 전망
 - 선사 / 조선소 / 엔진 메이커
- 대체연료의 과제(경제성)
 - LNG, 바이오(메탄/메탄올), 합성연료(메탄/메탄올), 암모니아, 수소
 - 가격 전망
 - 선박 주기관
- Summary & discussion

ENERGY Transition : 탈 탄소 (Decarbonization) ?



- 지표면 위에서 영위 → (산업혁명) 땅 속에 있던 탄소/탄화수소를 일회성 연료로 → 대기 중 CO2 증가
- 가장 나중에 도입된 LNG(천연가스)의 경우, 가스공사(1983년 설립) 이후 인프라를 갖춰 현재에 이름(일본 1969년)
- 일회성이 아닌 재생 에너지를 갖고 지표에 있는 물을 수소로 변환시켜 이용
- 과도기 연료는 여전히 LNG

탈탄소화의 본질은, 저탄소 • 탄소중립 • 탄소포집활용을 거쳐



다양한 탄소배출 규제 식의 의미를 명확히 !! (TtW → WtW (MEPC80 전후))

- EEDI, EEXI (성능/효율)
 - g / ton-nm
 - 톤마일 당 GHG 배출량 (기술적 설계치)
- CII (성능/효율)
 - g / ton-nm
 - 톤마일 당 GHG 배출량 (운항적 조치, 밸러스트 고려 없음)
- IMO GHG FS / FuelEU Maritime
 - gCO_{2eq} / MJ
- LCA = WtT + TtW (gCO_{2eq} / MJ)
 - Well-to-Tank
 - 연료 채집/채굴/제조/유통까지 배출되는 GHG 배출량
 - Tank-to-Wake
 - 선상에서 연소할 때의 GHG 배출량
- 지구 온난화 GHG (IPCC GWP100, GWP20)
 - CO₂ (1, 1)
 - CH₄ (28, 84)
 - N₂O (265, 285)

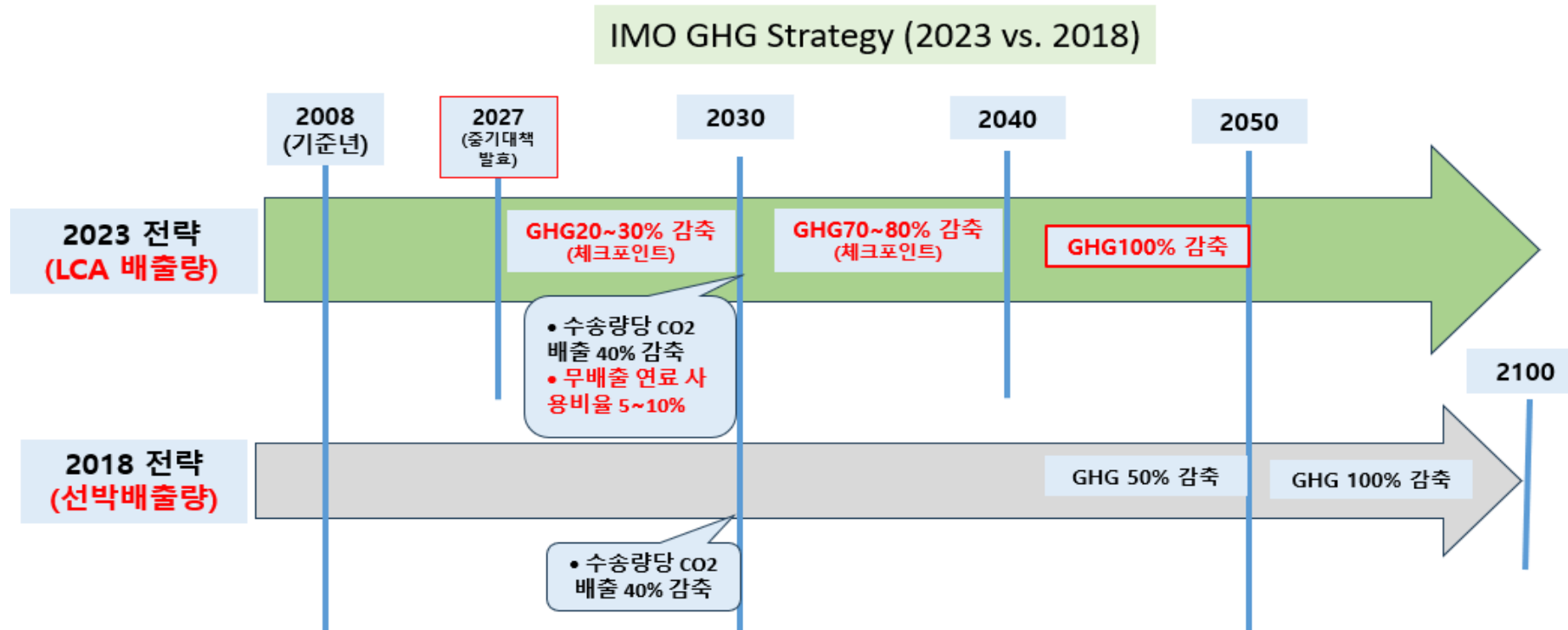
Source: shipping en route to Paris MOU overshoot(MAN ES)

| Feedstock | Fuel type | Well-to-tank | Tank-to-wake | Well-to-wake |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Fossil | Hydrogen (natural gas) ^a | 132.0 | 0.0 | 132.0 |
| Fossil | Ammonia (natural gas) ^a | 121.0 | 0.0 | 121.0 |
| Fossil | Methanol (natural gas) ^a | 31.3 | 69.1 | 100.2 |
| Fossil | HFO ^a | 13.5 | 78.1 | 91.6 |
| Fossil | LNG (medium Otto) ^a | 18.5 | 72.6 | 91.1 |
| Fossil | LNG (large Otto) ^a | 18.5 | 65.4 | 83.9 |
| Fossil | LNG (large Diesel) ^a | 18.5 | 57.7 | 76.2 |
| Fossil | LPG ^a | 7.8 | 65.5 | 73.3 |
| Liquid biofuels | Bio-diesel (waste mix) ^b | -26.1 | 77.5 | 51.4 |
| e-fuels | e-Methane (large Diesel) ^c | -52.1 | 57.7 | 5.6 |
| e-fuels | e-Methanol ^b | -67.1 | 71.6 | 4.5 |
| e-fuels | e-Hydrogen ^a | 3.6 | 0.0 | 3.6 |
| e-fuels | e-Ammonia ^a | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Table 2. CO₂ emission factors in gCO_{2eq}/MJ (^aFuelEU Maritime [3], ^bIMO [2], ^cMærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping)

- 국제해운 메탄슬립 과제(메탄 삭감이 CO₂ 삭감보다 단기적 효과 큼)
- (중유 대비 GHG 감축 효과) (디젤2st : 오토2st : 오토4st)
 - Tank to Wake 74% : 84% : 93%
 - Well to Wake 83% : 92% : 100%

- 들어가며
 - 탈탄소 / 규제단위의 이해
- 국제 규제 동향 브리핑
 - IMO / EU / 미국
- 대체연료 전망
 - 선사 / 조선소 / 엔진 메이커
- 대체연료의 과제(경제성)
 - LNG, 바이오(메탄/메탄올), 합성연료(메탄/메탄올), 암모니아, 수소
 - 가격 전망
 - 선박 주기관
- Summary & discussion



- 4년 뒤, EEDI, EEXI, CII 에 추가하여, **MEPC80 개정된 규제 적용 (해운 탈탄소화 가속)**
- 중기 대책 (상세규정) 2027.5.1 발효
 - 연료규제 (gCO₂ / MJ) : LCA(EU) vs. TtW(중) & 경제적 조치 : Levy, Feebate, Funding&Reward 등
 - 무배출 연료 사용 비율 도입 → 2030 이후 급속 확장할 **무배출 기술/공급망에 대한 조기 투자 결정에 영향**
- 일정
 - MEPC81/82/83('24-'25) 조합 규제의 최종화 / 영향 평가 완료 / 중기 대책 승인 & **임시 MEPC('25) 채택 → '27.5.1 발효**
- 체크포인트 목표가 1.5°C 경로에 미흡 비난 → **2028년 개정 시 강화 여지**

- **선박연료 LCA 가이드라인 채택**
 - 저•무 탄소 배출 연료의 제조/유통 과정의 GHG 배출 & CH₄ & N₂O 고려 → CO₂eq / MJ
 - GHG 배출강도 계산법, **FLL(Fuel Life Label)**, 배출강도 디폴트 값, 3자 인증항목 등 포함
 - 향후 전문가 그룹 운영하여, 토지이용변화 영향, 인증방법의 상세 규정, 디폴트 값 지정 등을 검토
- **바이오 연료 사용 잠정 지침서 채택 (MEPC.1/Circ.905) → 현존선 Drop-in 연료로 중요.**
 - **'23.10.1 적용**
 - MGO WtW 94 gCO₂eq / MJ 대비 **65% 이상 감축(WtW 배출량 33 gCO₂eq / MJ 이하인) 바이오 연료만 인정 → 인증 필요**
 - LCA 가이드라인 보완 시까지 잠정조치. IMO DCS, CII 에서 CO₂ 환산계수 채용 가능
- **선상 탄소 포집 (Onboard Carbon Capture) → Application to be soon**
 - OCC 탑재 선박의 포집한 CO₂ 양을 EEDI, CII에 고려하도록 제안 → 채택 안됨
 - ISWG-GHG에 **신규 의제로 추가** → OCC 사용시 효과를 고려

IMO 보다 강도높고 선행하는 EU 규제 (EU Fit for 55)



EU GHG 배출 규제 동향 (Fit for 55)

- 2030년까지 1990년 대비 GHG 배출량을 55% 이상 감축 목표 패키지 법안
- 해운 관련은 다음 2가지
- **EU ETS (Tank-to-Wake, 그러나 지속성 기준 만족하는 바이오&e- 연료는 ZERO 배출로 인정) 2024년 시행**
 - 배출 탄소 1톤당 가격은 시장가격으로 결정. 탄소 1톤당 가격 약95\$/t-CO2 → 연료로 환산하면 295\$/t-FO
 - EU 역내 100%, EU 발착 역외 항로 50% 배출량이 대상.
 - 2024년 배출량 40%, 25년 70%, 26년 이후100%
 - EU 발착하는 5,000GT 초과 화물선/여객선. EU-MRV 실적이 적용될 것임
 - 26년부터 CH4 & N2O 포함. 고려방법은 지침(2026년 예상)에 따름.
- **FuelEU Maritime (1년간 선상에서 사용한 연료의 LCA 즉, Well-to-Wake 배출량(g-CO2e/MJ)) 2025년 시행**
 - 각 연료에 대해, 각각의 GHG 배출량에 온실효과 계수를 곱해 CO2환산으로 한 값
 - 규제치는 기준치X(1-감축율)
 - **기준치 = 91.16 gCO_{2eq} / MJ**
- 그린 수소에서 생산되는 **e-fuel**을 2035년부터 2% 이상 사용 의무화
- **풍력 보조 추진 인정**
 - 추진 power(=엔진 power)의 5%, 10, 15% and more → WtW 배출량 각각 1%, 3%, 5% 감축 인정

미국 발착하는 외항선 배출 GHG 감축 법안, 미국 의회에 제출

(source: <https://www.kaijipress.com/news/shipping/2023/06/176074/>)

- **2040년 GHG 배출 제로 목표** → 법안이 통과되면 유럽/IMO 보다 강화된 탄소배출 규제 대응이 필요
- 선박연료 탄소강도 감축 – 단계적 강화
- 미 환경보호청(EPA)에서 선박 사용 연료의 **탄소강도기준을 단계적 강화**
 - 미국과 거래하는 모든 해운회사의 GHG 배출량을 제로 요구
 - 대상 선박: GT400 이상인 전 선박
 - 연료 평균 탄소강도는 2024년 항해를 기준
 - **단계적 감축 요구값: 20%('27), 45%('30), 80%('35), 100%('40)**
- 다만, 기술적이고 경제적으로 실현불가능할 경우, 실현가능한 최대의 탄소배출감축 목표를 개정 공포
- 당해년 30일 이하의 항해는 적용 제외
- 또한 2030년까지 미 항만에 **정박하는 모든 선박에 대하여, GHG와 대기오염 물질의 배출량 제로를 요구**

- 들어가며
 - 탈탄소 / 규제단위의 이해
- 국제 규제 동향 브리핑
 - IMO / EU / 미국
- 대체연료 전망
 - 선사 / 조선소 / 엔진 메이커
- 대체연료의 과제(경제성)
 - LNG, 바이오(메탄/메탄올), 합성연료(메탄/메탄올), 암모니아, 수소
 - 가격 전망
 - 선박 주기관
- Summary & discussion

- **장래 대체 연료 후보:** 액화수소, 암모니아, 합성 연료(메탄/메탄올), 바이오 연료
 - 연료 제조 기술/코스트
 - 공급 확대 가능성
 - 탄소 가격 & offset
 - Bunkering 인프라 정비 상황
 - 관련 정책, 프로젝트 동향
 - 생산 능력 및 국제 유통량

- **암모니아**
 - 생산 코스트와 공급 가능성 등에서 **암모니아가 유력**
 - 육상 분야(발전 연료 등)의 프로젝트 증가도 유리한 점
- **액화 수소**
 - 높은 코스트
 - **극저온 취급의 어려움** 등 ocean-going ship에 보급 어려움 예상
- **바이오 디젤, 바이오 메탄**
 - 원료 수집 및 생산기술 면에서 **공급량** 확대 어려움
 - **중유 및 LNG의 Drop-in Fuel**로서 공급량 부족
- **합성 연료(메탄, 메탄올)**
 - 기존 인프라 활용 장점
 - **합성 메탄은, 가스엔진 선박의 경우, 유망한 Drop-in Fuel**
 - 높은 코스트 예상되므로,
 - 공급량 확대 및 코스트다운 기술의 진전에 좌우

- **(유력한) 연료 전환 시나리오**
 - **Blue Ammonia(천연가스 개질)의 가격 우위성**
 - **당장의 저탄소화를 위하여, 2030까지 LNG 이용 확대**
 - **암모니아로 전환 (다만, 탄소재활용 합성 메탄/메탄올의 가능성 고려)**
- **이유**
 - LNG → 공급량/공급거점 면에서, 당장 저탄소화를 위한 현실적 대안. 다만 **메탄 슬립** 문제는 과제
 - 생산 코스트 면에서, blue ammonia 유리. 액화수소는 액화, 저장, 수송 코스트가 높고, 선상 저장, 취급의 어려움. **암모니아는 독성, N2O 배출** 등 과제는 있지만, 규칙이나 기자재 측면에서 큰 장애는 없음
 - 탄소중립 연료(합성 메탄/메탄올); 원료인 CO2 (DAC 또는 바이오) 공급 불투명. 배기가스 회수 CO2는 배출권 취급이 과제
 - 바이오 연료: 생산 규모가 과제. 또한 **항공기 연료와의 경합** 예상되어, 파일럿 연료로 기대
 - 다만 Blue Ammonia 가 비교적 싸지만, 현재 화석연료보다 고 가격. Carbon pricing 도입이 필요

유럽 각 해운회사의 대체연료 개발 및 이용에 관한 전략

| | LNG | LPG | 메탄올 | 수소 | 암모니아 | 바이오 연료 | 전력 | 원자력 |
|----------------------|-----|-----|-----|----|------|--------|----|-----|
| Maersk | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| MSC | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| CMA CGM | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Hapag-Lloyd | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | |
| Carnival | ✓ | | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| Wallenius Wilhelmsen | | | | | | ✓ | | |
| Oldendorff | | | | | | ✓ | | |
| Euronav | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Navios | | | | | ✓ | | | |
| Danaos | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Fredriksen 산하 기업 | ✓ | ✓ | | | | ✓ | ✓ | |
| Anglo American | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Fjord 1 | ✓ | | | | | | ✓ | |
| Color Line | | | | | ✓ | | ✓ | |
| Hurtigruten | | | | | | | ✓ | |
| Höegh | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | |
| Rosatom | | | | | | | | ✓ |
| Stena Group | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | | |
| Shell | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Equinor | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| BP Shipping | ✓ | | | | | | | |
| Navigator Gas | ✓ | | | | ✓ | | | |
| Exmar | | ✓ | | | ✓ | | | |
| Scandlines | | | | | | | ✓ | |
| Yara | | | | | ✓ | | ✓ | |
| AKSO | | | | | | | ✓ | |
| Stolt Tankers | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Terntank | ✓ | | | | | ✓ | ✓ | |
| Viridis | | | | | ✓ | | | |

• Maersk (덴마크)

- 대체 연료 옵션 연구, 대체연료 개발하는 기업의 매수, 대체연료 운항선박 발주
- 경쟁 타사와 달리, **LNG를 무탄소에 유효한 연료로 보지 않음**. 직접 CN 연료를 채용 방침

- 대체연료로서 다음 연료를 고려

1. 바이오 디젤;

- 이점: 기존엔진에서 사용 가능. 그러나 머스크는 바이오매스의 원료공급 확대가 최대 과제로 생각하고, 향후 타 산업과의 확보경쟁으로 인한 가격상승을 예상
- 머스크의 최대고객사 10개사가 이미 화물 수송에 인증을 가진 sustainable 바이오 연료 사용이 “ECO Delivery” 옵션을 채용

2. 메탄올;

- **단기적으로 유망한 대체연료로서**, 이미 선박 연료로 사용되고 있고, 메탄올 엔진도 시장에 있음. Bore 95 및 50 엔진은 실적이 있고, 전체 라인업도 갖춰짐
- 이점: 액체여서, 취급이 용이함
- 한편 바이오매스 공급량 한계→ 향후 바이오 메탄올 공급확대에 걸림돌
- E-메탄올의 공급량은 biogenic (생물 유래) CO2의 공급량, 향후 코스트, 전해기술의 진전 등에 영향을 받음

3. 리그닌 바이오 연료(잔류 리그닌과 메탄올 또는 에탄올 등의 알코올로 제조되는);

- 가장 가격경쟁력이 있는 net-zero 연료가 될 수 있다고 머스크는 생각
- 리그닌 연료 **코스트는 화석연료와 거의 같고, 취급은 메탄올과 같다**.
- 하지만 리그닌의 경우도 원재료의 한계가 문제이다.
- Value chain과 인프라 구축을 위해서는 생산규모 확대가 필요

4. 그린 암모니아;

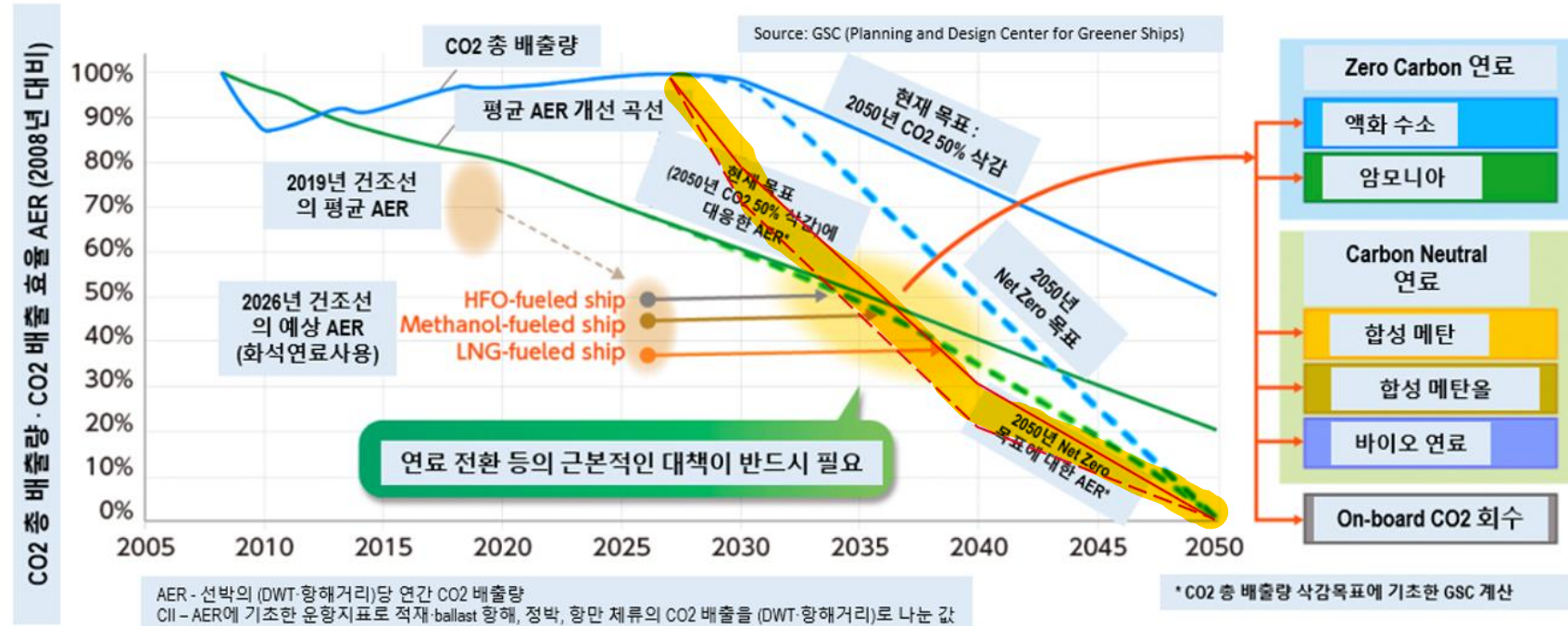
- 완전한 무탄소 연료로, **RE 만을 사용한 대규모 제조가 가능**
- 과제: 그린 암모니아의 안전성 확보, 유독성에 대한 조치, 항만 인프라 확대
- 향후 코스트는 RE 전력 코스트와 전해기술의 성숙도 및 코스트에 영향을 받음

• 대체연료 해운 공급 전망

- LNG - 공급/인프라/벙커링 문제 없음
- 바이오 메탄올
 - 인프라. 벙커링 문제 없음. 세계 주요 약 130 항에서 공급/벙커링 가능
 - 25년 이후 공급 가시화. 장래 e-메탄올로 변환되면 공급량 확대 가능성
 - 머스크 등 대형 선사와 스타트업 연료회사 간에 공급 MOU
- 바이오 메탄
 - CMA CGM 바이오 메탄 시험운항
- 합성 메탄/메탄올
 - 바이오 보다 고 가격
 - FuelEU 인센티브(penalty 절반) 하여 합성연료 도입 촉진
- 바이오 디젤
 - 다른 산업과 경합으로 어려움
- 암모니아 - 2030 이후 기대
- 수소 - 단기적으로 어려움

- **MEPC80의 영향 (총에너지의 5~10%를 무배출에너지 도입)**
 - Zero-emission 연료/기술/에너지원
 - 국제해운 연료공급량 ~ 2.5억톤
 - 5%-10% = 1,250만톤 ~ 2,500만톤 (HFO)
 - 2,500만톤 ~ 5,000만톤 (메탄올, 암모니아)

화석 연료 선박의 규제 불만족 시점(조선소의 대체연료 전환 전망)



Bulk Carrier의 CO2 총배출량 감축·배출효율 개선 전망

- MEPC80의 영향
 - 총 배출량의 중간 checkpoint → **가속적인 감축 요구 (in red)**
 - 배출 총량 규제. 감축/에너지절약 등으로는 한계 → **저·무 배출 대체연료 조기 도입 필요**
- 2026년 건조된 화석연료선박(HFO, 메탄올, LNG) 선박의 규제 만족 / 경제성 유지 시점
 - **MEPC80의 영향으로, CII에 추가하여 (연료규제+LEVY)의 도입으로 더욱 단축 될 전망**

주기관 제조사의 대체연료 전환 전망: Single Fuel → Fuel Diversity

• Shipping en route to Paris Agreement overshoot(MAN ES)

- 대체연료의 중요한 축인 주기관 제조사 MAN ES의 전망
- 역사적으로 현재까지 단일 연료 + 약간의 LNG
- 2020년대에 연료 다양화 (기존의 연료, LNG + 메탄올, 암모니아)
- (엔진 제조사로서 메탄올 수요가 많을 것으로 전망)
- 열량 기준(Fig.2) 2022 vs. 2050 = 1 : 1.6
- 톤수 기준(Fig.3) 2022 vs. 2050 = 1 : 2.7
- (2050 수요 톤수; 암모니아 3억, 메탄올 2.25억, LNG 0.8억, 연료 1.8억)
- 대체연료는 기존 연료보다 훨씬 많은 양이 필요 (무게/부피 모두)

Fuel required to meet demand

Petajoules

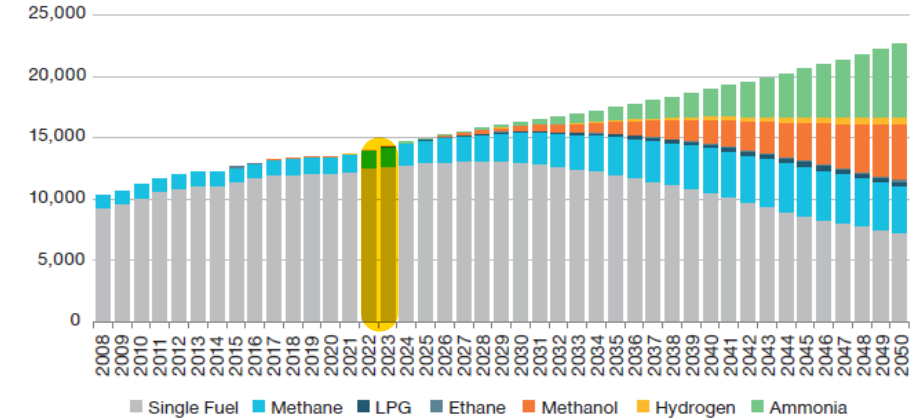


Fig. 2 MAN Energy Solutions expectation to fuel mix, here shown in energy

Fuel required to meet demand

Million tonnes fuel

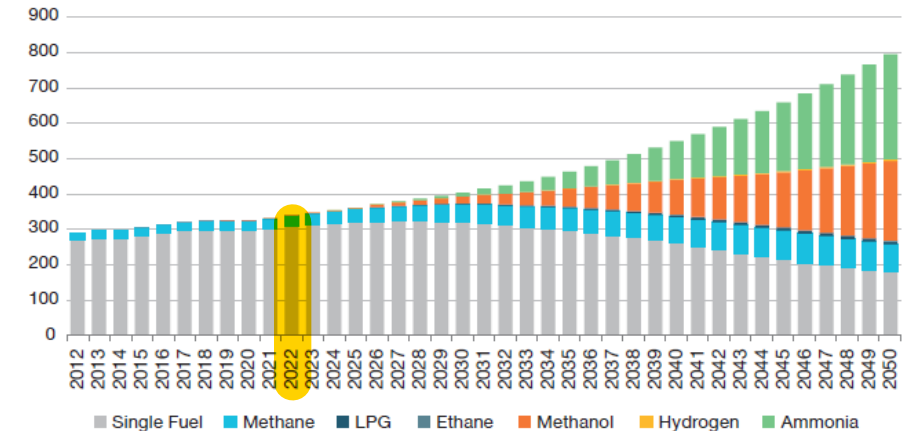


Fig. 3. MAN Energy Solutions expectation to fuel mix, here shown in weight

Production of green methanol is picking up!

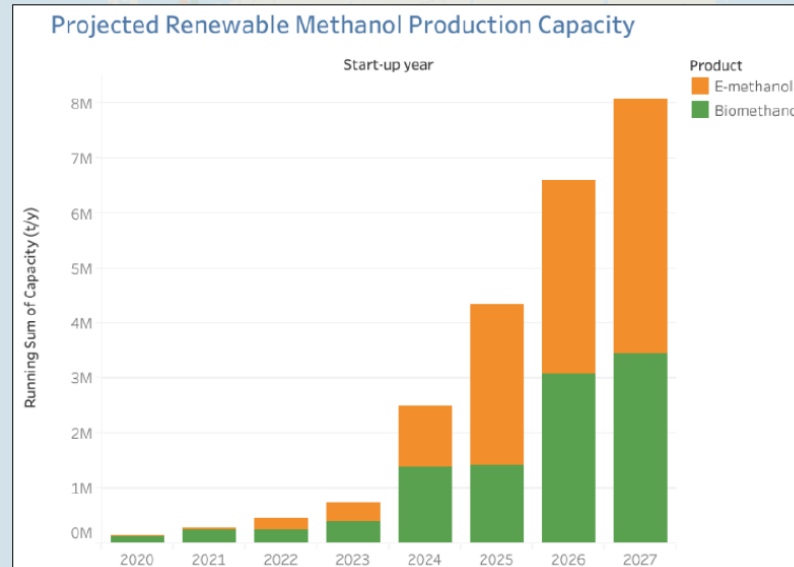
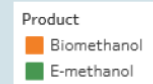
The Methanol Institute is tracking 80+ renewable methanol projects around the globe.

Green methanol production:

- 80+ projects
- 8+ mill tons/year by 2027
- e-methanol and bio-methanol

Enough to fuel.....

- ~ 470 Aframax tankers, or
- ~ 780 small feeder vessels, or
- ~ 190 very large container vessels



Source: Methanol Institute Renewable Methanol Database of Current/Announced projects, <https://www.methanol.org/renewable/>

• MAN ES 기관 발주 잔량

- 홍보 및 고객지원 책임자, Thomas Hansen (일간조선해양 22-11-30)
- 제작 예정 550기 중 25% 메탄올 엔진, 35% 석유엔진, 36% LNG엔진 / 메탄올 엔진 중 컨선 68%

- 2027 친환경 메탄올 800만 톤 생산 → 190척 대형 컨테이너선 사용 가능한 양
- (국제해운 연료 양의 1.6%, 2.5억톤 FO 가정)
- (800/190=4만2천 톤 → HFO 2만1천 톤 (70톤x300일))

• 머스크 저탄소 메탄올 확보;

- 190만 톤 + alpha(10개사) → 대형 컨 선 약 50척

• MEPC80의 영향 (2030까지 총에너지의 5~10%를 무배출에너지 도입)

- Zero-emission 연료/기술/에너지원
- 국제해운 연료공급량 ≈ 2.5억톤
 - 5%-10% = 1,250만톤 ~ 2,500만톤 (HFO)
 - 2,500만톤 ~ 5,000만톤 (메탄올, 암모니아)

- 들어가며
 - 탈탄소 / 규제단위의 이해
- 국제 규제 동향 브리핑
 - IMO / EU / 미국
- 대체연료 전망
 - 선사 / 조선소 / 엔진 메이커
- 대체연료의 과제(경제성)
 - LNG, 바이오(메탄/메탄올), 합성연료(메탄/메탄올), 암모니아, 수소
 - 가격 전망
 - 선박 주기관
- Summary & discussion

- **바이오 디젤**
 - 기존 엔진 그대로 사용
 - **선박연료 공급 한계. 타 산업과 확보 경쟁 → 가격 경쟁력 우려**
 - **그래도 확보 가능하면 최선**
- **메탄 (LNG)**
 - **엔진/공급/인프라 우려 사라짐 → 시장에서 이미 정착한 저탄소 대체연료**
 - 메탄 슬립에 대한 규제 (이미 FuelEU 에서는 고려)
 - **바이오 메탄과 혼합하여 CN 달성 가능**
 - **메탄 슬립 감축 기술이 2-3년 내에 적용 가능**
- **메탄올**
 - 엔진 라인업 갖춰 짐
 - 액체 연료 - 취급 용이
 - 선가 상승 - LNG 추진선에 비해 절반 수준
 - **최근 메탄올 추진선(컨테이너선 중심) 발주는 바이오 메탄올 확보가 전제.**
- **암모니아**
 - 완전한 무탄소 연료
 - RE 만으로 대규모 제조 가능
 - **엔진 실적 없음. 2030년 이후 엔진 공급 원할 기대**
 - **대체연료 중 독성이 가장 우려되는 연료**
- **수소**
 - 궁극의 무 탄소 연료
 - **기술/인프라/공급 모든 면에서 가장 늦을 것**

MMM Center for Zero Carbon Shipping 전망(Blue ammonia, Bio-methanol)



• 화석 연료

- 여전히 경쟁력 있는 선박 연료
- 낮은 가격 & 갖춰진 공급망

• 대체 연료 vs. 화석 연료

- **가격 2~8 배**
- 대체 연료 공급망 없음
- 체적 에너지 밀도 큰 대체 연료 → 비싼 공급망 구축

• 다양한 이해관계자 - 국제해운

- 복잡한 선박 연료 규제 체계 – local / regional / international
- ship owner / charterer / operator / cargo / shipbuilder

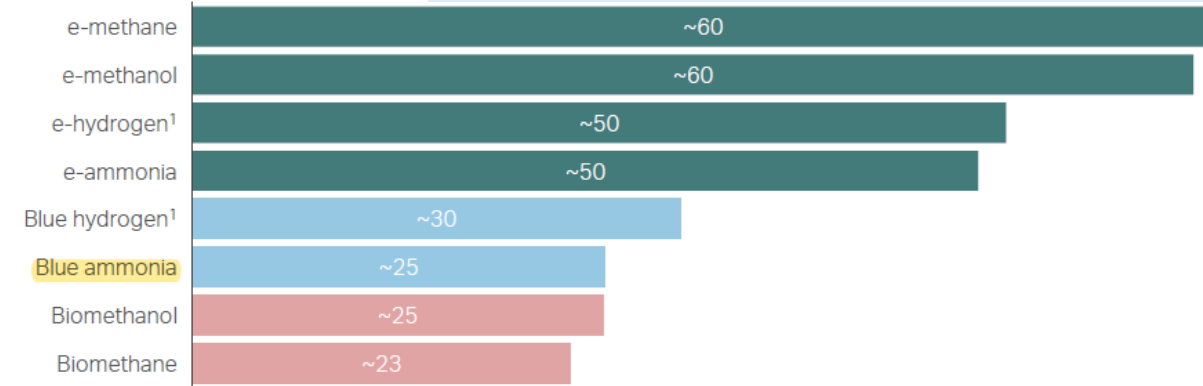
Blue NH3 / Bio-methanol / Bio-methane 가격

- 거의 같은 수준
- **LSFO의 2.3배** → carbon pricing → 2030까지 도입하여 CN 중간목표 달성 수단
- 합성 메탄올 가격 = 바이오 메탄올의 2.5배 수준
- 암모니아는 엔진 보급에서 메탄올에 뒤짐
- **바이오 연료의 역할 → 무 탄소 연료(NH3, LH2) 도입 전까지의 유일한 대안**
- **가격 차이 → 규제(levy / ETS) 도입으로 극복 가능 수준**

Estimated production price, 2025

USD/GJ

Source: Industry Transition Strategy by MMM Center for Zero Carbon Shipping(2021)



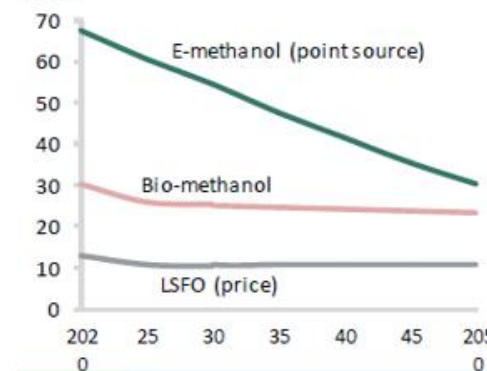
Estimated production price, 2025

USD/GJ



Cost projections

USD/GJ



Methanol will require regulatory measures to compete with fossil alternatives

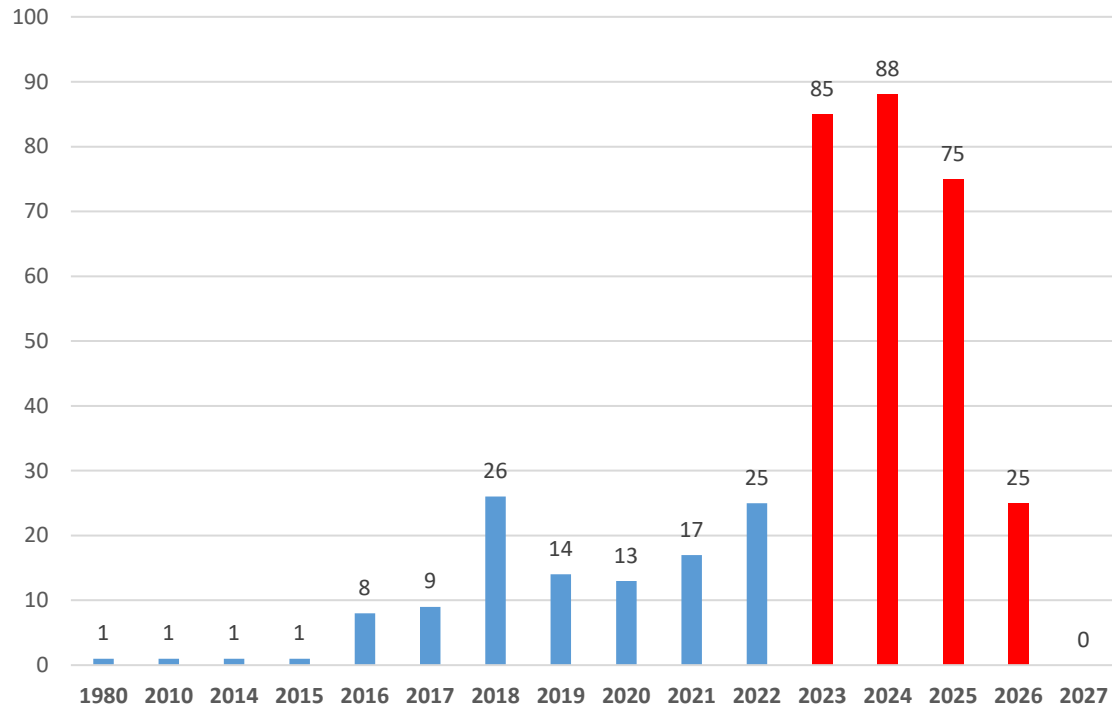
- Renewable methanol expected to be more than 2 times as expensive as fossil oil at least until 2050
- Bio-methanol remains the cheaper renewable methanol option until 2050
- E-methanol cost down driven by cost of renewable energy and improved economies of scale

Source: Methanol as a marine fuel (2021, MMM Center for Zero Carbon Shipping)

주기관 도입 기간(길었던 LNG vs. 짧게 끝난 메탄올 기관)



LNG DF 현황(2 stroke - Diesel Cycle)

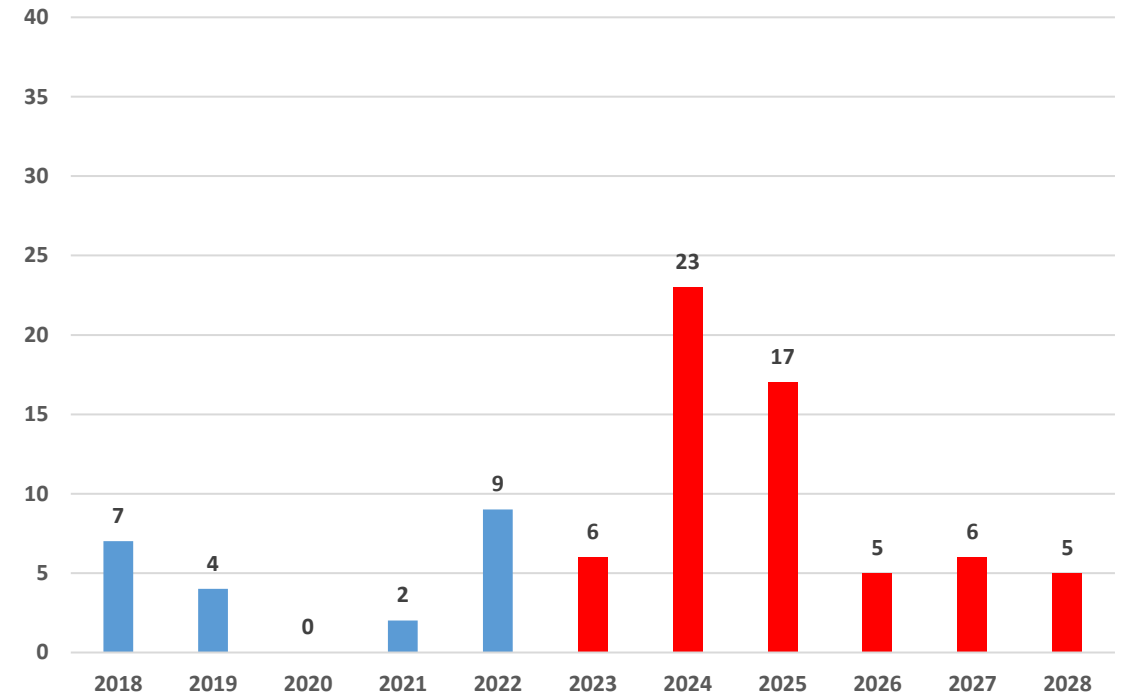


* Source : Clarkson W.F.R
D.B(23.1)

* 건조완료(116척) : LNGC(70), Container(19), Bulk(6), Tanker(6), PCTC(5), RO-RO(4), Etc.(6)

* 발주현황(273척) : Container(131), PCTC(48), Bulk(38), Tanker(28), LNGC(23), Etc.(5)

Methanol DF 현황

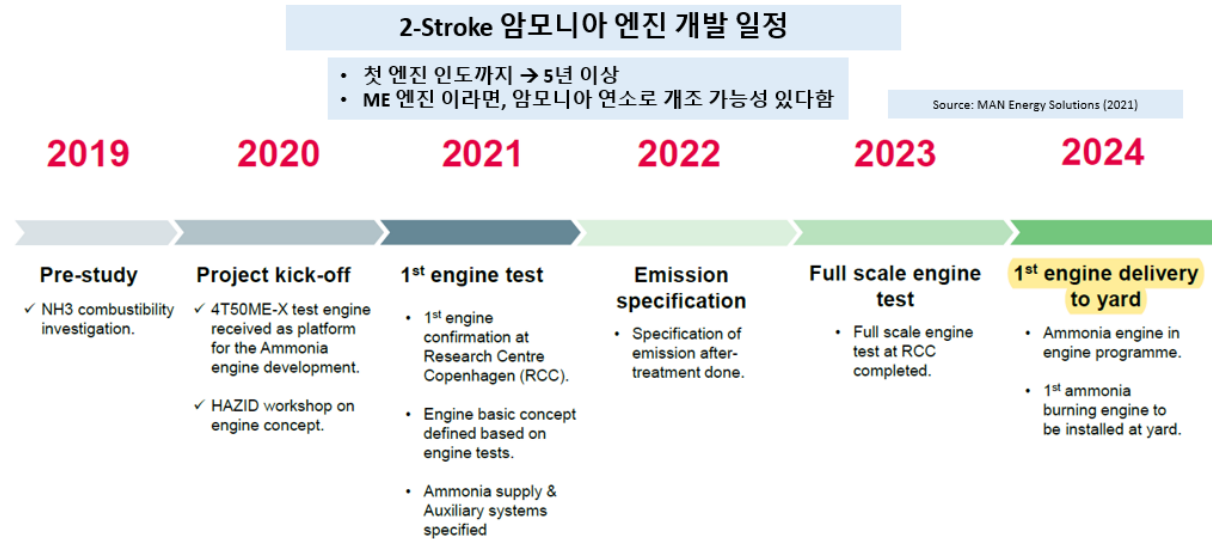


* Source : Clarkson W.F.R D.B(23.1)

* 건조완료(23척) : Methanol Carrier(22), Passenger(1)

* 발주현황(62척) : Container(47), Methanol Carrier(4), MPV(4), Passenger(1), Etc.(6)

첫 암모니아 엔진/선박 언제?



- **MAN Energy Solution**
 - 대형 엔진 / 외항선 대상 / 2024년
 - LNG Fuel 2-stroke 주기 2014년 첫 선박 운항 후 – 보편화에 5년 정도 걸려
 - 사전 스터디부터 첫 엔진 까지 5년 → 현재의 LNG 추진 선박 처럼 보편화되는데 몇 년 걸릴까? 2028년 경 이후?
- **WinGD**
 - 메탄올 엔진은 MAN ES 먼저 출시, 대형 2행정 암모니아 엔진은?
 - LNG 이외의 대체연료는 디젤 사이클 채용
- **일본 엔진 메이커**
 - 내항 Tug Boat / 2024년 6월 준공 예정 → 세계최초 4행정 암모니아 혼소율 80% 에서 안정연소/ N2O, 암모니아 슬립 거의 제로 / 암모니아 누출없음
 - 대형 주기도 테스트 시작

- 들어가며
 - 탈탄소 / 규제단위의 이해
- 국제 규제 동향 브리핑
 - IMO / EU / 미국
- 대체연료 전망
 - 선사 / 조선소 / 엔진 메이커
- 대체연료의 과제(경제성)
 - LNG, 바이오(메탄/메탄올), 합성연료(메탄/메탄올), 암모니아, 수소
 - 가격 전망
 - 선박 주기관
- Summary & discussion

- 해운 연료; 단일 연료(HFO) → 다양한 대체연료 시대 도래
 - 석유계 단일 연료; HFO, MGO, MDO
 - 중간 단계의 연료(Bridge Fuel); LNG, 메탄올 (화석/바이오/합성)
 - 무탄소 연료; 암모니아, 수소
- 대체 연료는 매우 고가격 → 선박 성능, 엔진 효율 향상 통한 연료 절감 더욱 중요
- GHG 삭감 = (저/무 탄소 연료) X (운항·감속) X (설계(저항/ESD/도료/풍력)) X (CO2포집)
- 현존선은 물론 신조 화석 연료선도 선령 10년 전후로 연료계통 대규모 개조 필요
 - 현재 발주 가능선박: HFO / LNG / 메탄올 / LPG 연료선
 - 2024 암모니아 엔진 등장 / 2026 년 운항 시작 → 현재의 메탄올 연료선 등장보다 큰 임팩트 예상
- 조선소의 대체연료 대응
 - 한국(대형) : LNG연료선 실적 있고, 메탄올 연료선 대응 중 (케이프 제외한 BC는 실적 없음)
 - 한국(중형) : 일부를 제외하고는 불충분
 - 중국 : LNG연료선 실적 있고, 메탄올 연료선 대응 중
 - 일본 : LNG·메탄올 연료선 실적. 특히 중소형선 메탄올 연료 대응이 활발
- 대체연료 시대에도 내연 기관 중요 (대형 장거리 운항선)
 - 공급망/가격 등에 추가하여 대형 엔진 기술 개발 필수
 - 대체연료는 기존 HFO와 비교하여, 연소 특성이 많이 다름 → 공급라인/분사 계통 등

Thank you for your attention !!

Q & A

C.W. KIM
Korean Register