



Decarbonization Magazine



Vol. 04
Autumn 2023



Providing the Best Services, Creating a Better World





PROVIDING THE BEST SERVICES, CREATING A BETTER WORLD

KR is a world-leading, technical advisor to the maritime industry, safeguarding life, property and the environment through the pursuit of excellence in its rules and standards.



CONTENTS

04 Editor's Note

- Insights_ 08 IMO DCS 기반 CII 등급 분석 및 개선방안
14 선박 대체 연료와 연료 저장 장치 기술 이야기
23 CCUS 산업과 LCO₂ 운반선 기술

Regulatory Updates_ 28 MEPC 80차 결과 및 영향 분석

- Inside KR_ 32 KR, 삼성중공업 개발 '200K급 초대형 암모니아 선박'에 개념 승인
33 KR, 현대미포조선 & HD한국조선해양 개발 '액화 이산화탄소 화물 탱크' 개념 승인
34 KR, HD현대중공업 개발 'LNG 이중 연료 추진 대형 가스 운반선(VLGC)'에 개념 승인
35 KR, HD현대중공업 개발 '신개념 액화 가스 화물창 및 연료 탱크'에 개념 승인
36 KR-현대미포조선, 해상풍력 유지보수 지원선(CSOV) 개발한다!
38 KR, SeaTrust-FOWT(부유식 해상풍력) 소프트웨어 신규 개발
40 「IMO 탄소집약도 요건에 관한 학술논문」 영국 학회지 Ocean Engineering에 게재
41 IMO 2050 대응을 위한 'KR 선박용 배터리 검사 서비스'

탈탄소·디지털라이제이션 시대의
'최선의 답'을 찾기 위한 '최고의 해법'은
바로 협업과 소통입니다.



IMO MEPC 80차에서는 '2050 탄소중립 목표 채택' 및 '2027년 중기조치 발효'라는 역사적인 결정이 이루어졌습니다. 이 결정은 앞으로 해운과 조선업계에 전에 없는 엄청난 파급효과를 미칠 것입니다. 해사산업은 이에 대비하여 다양한 기술적·경제적 대응방안 마련에 고심하고 기술 개발을 한층 더 가속화해야 하는 숙제를 안고 있습니다. 이에 가을호의 Regulatory Updates에서는 여름호에 이어 MEPC 80차의 주요 결정 및 영향 분석을 다루었습니다.

단기적인 조치로서 금년부터 강제화되는 Carbon Intensity Index(CII)를 향상시키기 위한 많은 기술적·운항적 조치가 개발되고 있습니다. CII는 선박의 연료 효율을 나타내는 가장 대표적인 지수로서, CII 규제 만족과 더불어 향후 발효될 중기조치에 따른 탄소 비용과도 밀접한 관련이 있어 현재 해운업계가 당면한 문제를 보여주고 있습니다. 이번 가을호에서는 2022년 연료소모량을 기준으로 KR이 검증한 1,700여 척에 대한 CII 통계자료를 확인하실 수 있습니다. 검증 선박 중 국적선이 200척 정도인 것을 감안했을 때 글로벌 통계치를 보여주는 자료라 할 수 있는데, 이에 따르면 무려 68%에 해당하는 선박이 C, D, E등급을 받았으며 매년 강화되는 CII 규정에 대비하는 특별한 조치가 없을 경우 더욱 더 많은 선박이 C등급 이하를 받을 것으로 예상됩니다. 따라서 이번 호에는 CII에 대한 다양한 통계치와 인사이트 및 CII를 향상시킬 수 있는 대응 방안을 수록하였습니다.

CII를 포함하여 탈탄소 규제를 궁극적으로 만족시키는 방법은 결국 연료 전환에 있습니다. 현재 고려되는 대체 연료는 LNG, LPG, 메탄올, 암모니아, 에탄, 수소, 배터리, 소형 원자로 등 매우 다양합니다. 또한 연료 저장 시스템의 경우 선박의 배치, 화물량, 건조 가격 및 선박 운항에 미치는 영향력이 매우 높기에, 이번 호에는 대체 연료별 저장 시스템의 특성, 설계, 재질, 온도, 압력 등을 종합적으로 소개하고 특히 시스템별 개조 비용에 미치는 영향을 분석하였습니다.

지난 9월 싱가포르에서 개최된 가스텍(GASTECH) 2023 박람회의 가장 중요한 테마는 '에너지의 안정적인 공급과 친환경'이었으며 이 두가지 목표를 달성하기 위한 기술로 CCUS가 가장 주목받았습니다. 특히 수집된 이산화탄소를 수송하기 위한 액화 이산화탄소 운반선은 에너지 회사, 선사, 조선소의 주요 공통 관심사였습니다. 하지만 액화 이산화탄소 운반선은 화물 저장 및 처리 조건이 삼중점 근처라는 특성으로 인하여 대형화하기 위해서는 여러 제약이 따릅니다. 이번 호에서는 액화 이산화탄소 운반선의 설계 시 고려해야 하는 압력, 온도, 밀도, 순도 등 다양한 기술적 특성과 함께 탱크 재질 및 두께, 탱크 형상에 대한 규정을 소개하고 있습니다.

한편, KR은 이번 박람회에 참석하여 산업계와 함께 초대형 암모니아 운반선, 액화 이산화탄소 운반선, 사이버 시큐리티 등과 관련한 AIP 수여 및 JDP를 체결하였습니다. 이러한 탈탄소와 디지털라이제이션을 위한 산업계와의 협력은 더욱 강화될 예정입니다. 또한 재생 에너지 생산의 미래 모델로 각광받고 있는 부유식 해상풍력 구조물과 관련하여, 기존 소프트웨어 대비 1,000배 이상 빠른 SeaTrust-FOWT를 성공적인 개발을 알리는 론칭행사를 하였으며 아울러 해상풍력 유지보수 지원선 개발을 위한 JDP를 체결하기도 하였습니다.

탈탄소·디지털라이제이션 시대의 해사업계는 가장 최선의 답을 찾기 위하여 부단한 노력을 하고 있습니다. 하지만 여전히 어떤 답이 최선인지에 대해서는 미래의 많은 불확실성으로 인해 확신하기 어렵습니다. 하지만 '최선의 답'을 찾기 위한 '최고의 해법'이 협업과 소통이라는 것은 아무도 의심하지 않고 있습니다. 이번 KR 디카보나이제이션 가을호가 해사산업의 현재와 미래를 위한 협업과 소통에 조금이나마 일조하기를 바라 마지않습니다.

KR 친환경선박해양연구소장 송강현

KR Decarbonization Magazine

Insights_



IMO DCS 기반 CII 등급 분석 및 개선방안

KR 친환경기술팀 김동기 선임



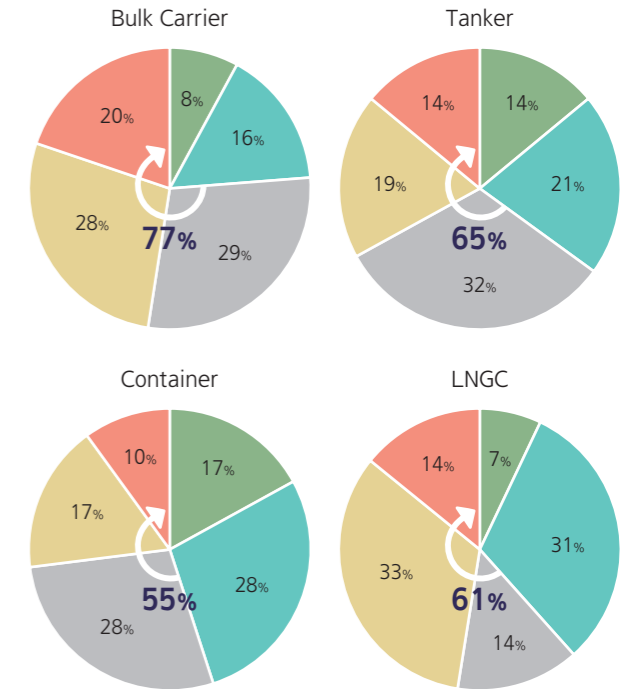
2023년부터 국제 항해에 종사하는 5,000GT 이상의 선박 (MARPOL 부속서 6의 26.3 규칙 적용 대상 선박)을 대상으로 CII 규제가 도입되었다. 이에 따라 선사들은 현재 자사 선박의 CII등급 예상 결과에 촉각을 곤두세우고 있다.

이러한 상황 속에서 KR은 선사에 사전 CII등급 현황 정보를 제공하고자 IMO DCS 데이터를 기반으로 CII등급 사전 분석을 진행하였다. 분석 과정에 사용한 IMO DCS 데이터의 경우, 2023년 데이터가 현재 모니터링 중인 상황을 감안하여 2022년도 데이터를 사용하였다.

먼저, 선종별 CII등급 분포 현황을 척수와 비율을 기준으로 분석하였다. 전 선박의 CII등급 비율을 분석한 결과, E등급을 부여받은 선박은 16%, D등급을 부여받은 선박은 23%, C등급을 부여받은 선박은 약 28%인 것으로 분석되었다. 이를 통해서, C에서 E등급까지 부여받은 선박의 비율은 총 68%나 되는 것이 확인되었다. C등급 선박의 경우에도 매년 CII 허용값이 강화되어 향후에 D혹은 E등급을 부여받을 가능성이 있다는 점을 고려한다면, D등급 및 E등급 선박뿐만 아니라 C등급 선박 역시 CII등급 향상을 위한 적절한 조치방안을 검토하고 수행해야 한다는 것을 알 수 있다.

다음의 원 그래프는 KR에 제출된 선종 중 4개 선종(벌크선, 탱커, 컨테이너선, LNG운반선)의 CII등급 비율을 나타내고 있다.

선종별 CII등급 비율



벌크선의 경우, C~E등급의 선박의 비율이 77%로 전체 선박의 CII등급 비율 및 타 선종 대비 높은 것으로 분석되었으며, 상대적으로 컨테이너선은 C~E등급 선박의 비율이 55%로 전체 평균치인 69%보다 낮은 것으로 분석되었다.

이는 주로 정기선으로 구성되어 체선 시간이 짧은 컨테이너선과 달리, 벌크 및 탱커선대는 부정기선의 비율이 높아 체선 시간이 상대적으로 길어 하위 CII등급의 비율이 더 높은 것으로 판단된다. LNGC의 경우에도 열 효율이 낮은 스팀 터빈을 추진기관으로 사용하는 선박이 다수 존재하여 C~E등급의 선박이 61%나 되는 것으로 분석되었다.

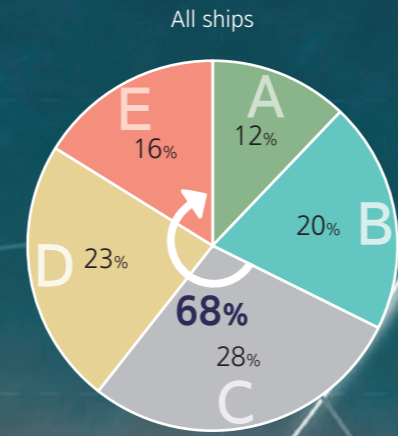
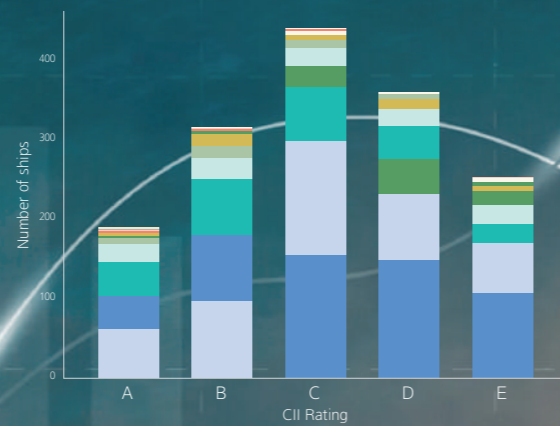
또한, 운항 거리 및 DWT를 기반으로 CII등급을 분석한 결과, 다음 그래프와 같이 일반적으로 운항 거리가 짧은 선박들은 하위 등급인 C~E등급의 비율이 높으며, 상대적으로 DWT가 큰 선박 대비 DWT가 작은 선박들의 C~E등급 비율이 높은 것으로 분석되었다. 추가적으로, 선박 DWT가 상대적으로 작으면서 단거리 항차의 비율이 높은 선박의 경우에는 E등급 비율이 높으며, DWT가 크면서 장거리 항차의 비율이 높은 선박은 상위 등급의 비율이 높은 것을 확인하였다.

2022년도 IMO DCS 데이터 기반의 CII등급 분석

진행 결과, 2023년에는 약 2,000여 척의 2022년도 IMO DCS 데이터가 KR GEARS를 통해 제출 및 검증이 완료되었으며, 해당 선박들을 대상으로 한 사전 CII등급 분석 결과는 다음의 그래프를 통해 확인할 수 있다.

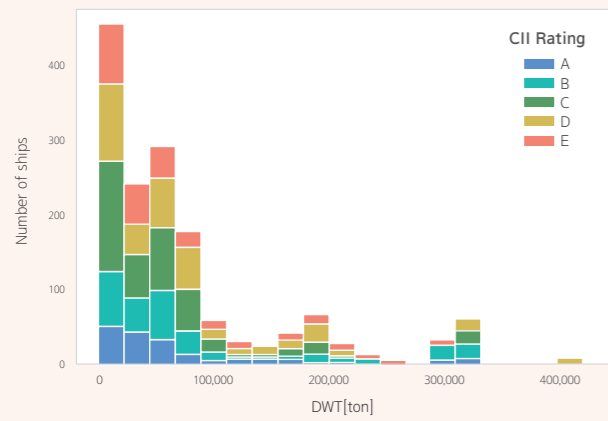
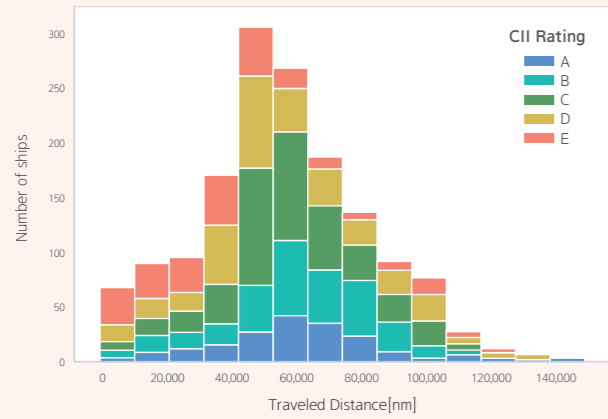
Ship Type

- Bulk Carrier
- Tanker
- Container ship
- General Cargo Ship
- RoRo Cargo Ship Vehicle Carrier
- Gas Carrier
- LNG Carrier
- RoRo Passenger Ship
- Refrigerated Cargo Carrier
- RoRo Cargo Ship
- Cruise Passenger Ship



현존선의 CII등급 향상을 위해서는 다양한 기술적 조치의 적절한 조합과 더불어 규제 대응 디지털화가 필수적

운항 거리 및 DWT별 CII등급



IMO에서도 선종, 운항 거리, 항만 대기 시간 등에 따른 CII 측면에서의 불이익이 존재한다는 것을 인지하고 있어, 단기 조치 검토 과정에서 CII 보정계수 및 항차 조정 사항(단거리 항차 및 항만 대기 시간, Ship-to-Ship 화물 운송 작업에 종사하는 자가 하역 벌크선, 스팀 터빈 추진 LNGC, 가스 운반선 보일러 연료 소모량 및 불활성 가스 발생기 사용에 대한 보정계수 등)을 검토할 예정이다.

선박의 CII등급 변화와 개선조치 필요성

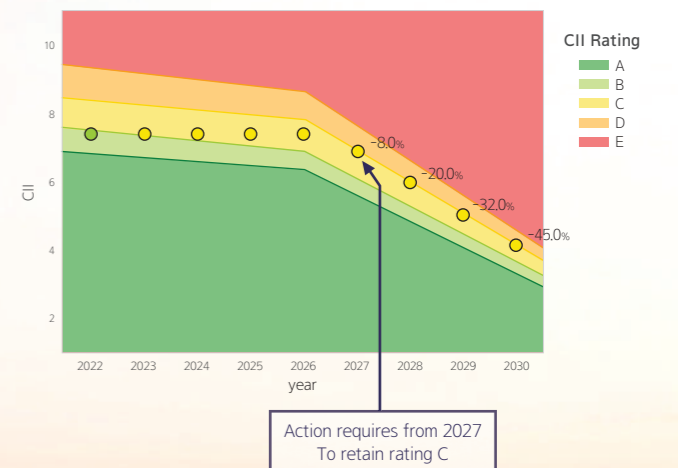
앞서 전체 선박 및 선종별 관련 데이터를 살펴보았다면, 이제 개별 선박에 대한 데이터 분석 결과를 살펴보도록 한다. 전체 선박 중 핸디 사이즈 벌크선 1척을 선정하였으며, 해당 선박은 2022년도를 기준으로 B등급을 획득하였다. 'MEPC 80 차 회의에서 유지된 2008년 대비 2030년까지 탄소집약도 40% 감축 목표'를 기반으로 2027~2030년 사이에 매해 탄소집약도가 2.75%씩 감소한다 가정하고, 2023년부터의 CII 예상 등급을 다음 그래프와 같이 분석하였다. 그래프 중, 왼쪽의 그래프는 CII등급 개선조치를 취하지 않을 경우 2030년도까지의 등급 변화를 보여주고 있다. 오른쪽 그래프는 최소 C등급을 유지하기 위한 온실가스 감축 필요량을 비율로 나타내고 있다.

2023~2026년까지 해당 선박의 CII등급은 C등급이며, 2027년에는 D등급, 2028년부터는 D에서 E등급으로 변화할 것으로 예상되며, 늦어도 2027년부터는 최소 C등급을 유지하기 위해 개선 조치가 시행되어야 하는 것으로 분석되었다.

CII등급 개선조치 미시행 시 등급 변화



C등급 유지를 위한 온실가스 감축 필요량



현존선의 CII등급 향상을 위한 조치 방안

그렇다면, 선사는 현존선의 CII등급 향상을 위해서 어떠한 조치를 취할 수 있을까?

CII등급을 향상시키기 위한 조치 중 첫 번째로, 선속 감소를 들 수 있다. 그러나 영업 및 선박 운항 측면에서 낮출 수 있는 최저 선속까지 낮추고도 추가적인 온실가스 감축이 요구되는 경우에는 Weather Routing을 통한 선속 및 항로 최적화 기술, 정시 도착, 최적 트림 유지, 주기적인 프로펠러 및 선체 소제, 육상 전력 사용 등 다른 조치와 병행하여 시행해야 한다.

두 번째, 연료의 전환을 고려할 수 있다. 현 시점에서 실현 가능한 가장 우선적인 대안은 바이오 연료를 사용하는 것이다. 최근 IMO는 MEPC 80차 회의에서 MARPOL Annex VI의 26, 27 및 28규칙(DCS 및 CII) 측면의 바이오 연료 사용에 관한 잠정 지침을 MEPC.1/Circ.905으로 승인하였다. 본 가이드라인에서 제시하는 요건을 만족하는 바이오 연료를 사용하면 온실가스 감축 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 다만, 연료 공급에 대한 불안정성이 존재하여 충분한 연료를 공급받기 위한 연료 수급처 확보가 필요하며, 기존 연료 대비 비싼 가격을 고려하여야 한다.

세 번째, 선박의 저항을 감소시키거나 추진 효율을 향상시킬 수 있는 기술을 선박에 적용하여 에너지 효율을 개선하는 것이다. 가장 쉽게는 저마찰 도료 적용부터 나아진 선속에 맞는 프로펠러로의 교체, 에너지 효율 개선 장치(ESD)의 설치를 고려해볼 수 있다. 그러나 에너지 효율 개선 장치의 온실가스 감축 효과에 대한 불확실성과 CAPEX 및 OPEX를 고려한 신중한 접근이 필요하다.

앞서 소개한 조치는 가장 대표적인 조치를 서술한 것이며, 언급된 조치 중 하나만 적용하는 것이 아니라 적용 가능한 조치들을 모두 검토한 뒤 선박별로 적절한 조합을 선정하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 선속 감소와 Weather Routing을 통한 항로 최적화 기술을 적용한 뒤, 일정 부분 바이오 연료를 사용할 수 있다. 바이오 연료의 경우에도, 온실가스 감축 필요량에 따라 블렌딩 비율이 다른 바이오 연료를 수급 받아 사용할 수도 있다.

효과적인 탈탄소화 대응을 위한 규제 대응 디지털화

현재, CII 규제의 목표치인 C등급 미달성시 선박에게 주어지는 패널티로는 시정 조치 계획이 담긴 SEEMP Part III 제출 및 재승인만 있을 뿐, 출항 정지 등과 같은 명확한 가이드라인이 없어 선사가 적극적으로 대응하지 않는 경우도 확인되고 있다. 그러나 2026년 1월 1일까지 완료되어야 하는 단기 조치의 효과성 검토 결과에 따라서, 시정 조치 선박을 대상으로 출항 정지와 같은 패널티를 강화하는 방안 등이 논의될 수 있으므로 사전에 온실가스 감축에 대한 선사의 노력이 절실히 요구된다.

KR에서는 선사의 온실가스 규제 대응 지원을 위해 KR GEARS를 통한 CII, EU/UK MRV, ETS 규제까지 대응 가능한 원스톱 토탈 솔루션을 제공하고 있다. 선사는 실시간 운항 데이터를 기반으로 CII등급을 도출하고 관리할 수 있는 CII 모니터 기능과 선박별 개선 시나리오 수립을 통한 CII 시뮬레이터 기능을 통해 CII 규제에 대응할 수 있다.

이에 추가하여, KR은 매년 검증 완료된 DCS 데이터를 기반으로 하여 대상 선박의 CII 현황, 타 선사 선박과의 CII 현황 비교, 2030년까지의 CII 예상 등급 및 상위 등급 획득을 위한

온실가스 감축 필요량으로 비율 산정 등의 내용을 담은 GHG Countermeasure Advisory Report를 제공할 계획이며, 해당 Report는 각 선사에게 배포될 예정이다. 해당 정보는 CII 규제 대응과 관련한 향후 계획 및 의사 결정에 있어 유용한 자료로 활용될 것으로 예상된다.

KR은 가속화되는 해운의 탈탄소화 대응을 위해 에너지 절감 및 온실가스 배출 감축 기술 개발뿐만 아니라 행정 비용 절감, 업무 효율성 증대 등을 위하여 규제 대응에 있어서의 디지털화가 필수적이라고 판단하고 있다.

규제 대응 디지털화는 양질의 데이터 수집 및 관리와 운항 데이터의 실시간 모니터링을 통해 선제적인 CII 규제 대응 및 탈탄소화 전략 수립을 가능하게 할 것이다.

KR은 선사의 규제 대응 디지털화 및 해운 탈탄소화 지원을 위하여 KR GEARS 기능을 지속적으로 업데이트하고, GHG Countermeasure Advisory Report를 제공하는 등 노력을 기울여 나갈 예정이다.

선박 대체 연료와 연료 저장 장치 기술 이야기

KR 기술영업지원팀 심영진 책임



선박 대체 연료 전망과 연료 선택

지금까지는 화석 연료를 기반으로 한 한 가지 선박 연료가 독점적으로 사용되었던 시대였다. 하지만 2000년대 중반부터 각 연료의 고유한 장단점과 기술 및 상업적 성숙도의 차이 그리고 선박 종류별 특수성 등을 이유로 점차 다양한 연료를 사용하는 시대로 전환되고 있다.

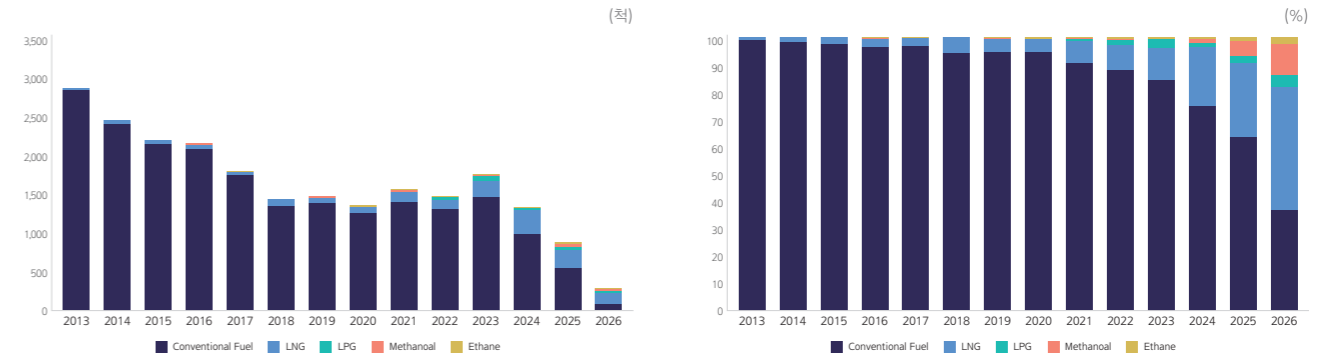
현재 논의되는 미래의 대체 연료는 LNG, LPG, 메탄올, 암모니아, 에탄, 수소, 배터리, 소형 원자로 등 매우 다양하다. 지난 10년 동안 주목받았던 대체 연료 중에 LNG 연료의 사용 비중이 증가하고 있으며, 메탄올 연료 사용도 점차 늘어나고 있다. 그러나 메탄올은 주로 특정 선종인 컨테이너선 등의 연료로 선택되고 있다. 한편 암모니아, 수소, 소형 원자로 연료는 기술적 문제와 독성 문제 등으로 인해 아직 선박용 연료로 적용되고 있지는 않다.

특히 선박 연료로서 각 연료들을 사용하기 위해서는 주요한 단계인 엔진 개발이 필수적이다. 암모니아의 경우, 2024~2026년경 주엔진의 개발이 완료되고 나면 점차 암모니아 추진 선박 발주가 늘어날 것으로 예상된다. 그 이후 수소, 소형 원자로 기술 등으로 연료 선택이 바뀌어 갈 것으로 예상된다.

'연료 선택'은 연료 가격, 설비 비용, 탈탄소 규제 비용, 개조 비용 등 다양한 요소를 고려해야 하는 복잡한 결정이다. 이런 미래의 불확실성으로 인해 각 해운사는 자신의 상황에 맞는 전략 수립을 하는 것이 필요하다. 다양한 가능성 때문에 연료 다양성, 연료 모자이크, 연료 유연성과 같은 개념이 중요해지고 있으며, 이런 상황 속에서 대체 연료 엔진 기술과 더불어 연료 저장 장치(Fuel Containment System) 기술이 선박의 배치, 건조 가격, 선박 운항에 미치는 영향은 매우 높다. 따라서 지금부터 연료 저장 장치 기술을 해운산업 탈탄소화 관점에서 살펴보도록 하겠다.

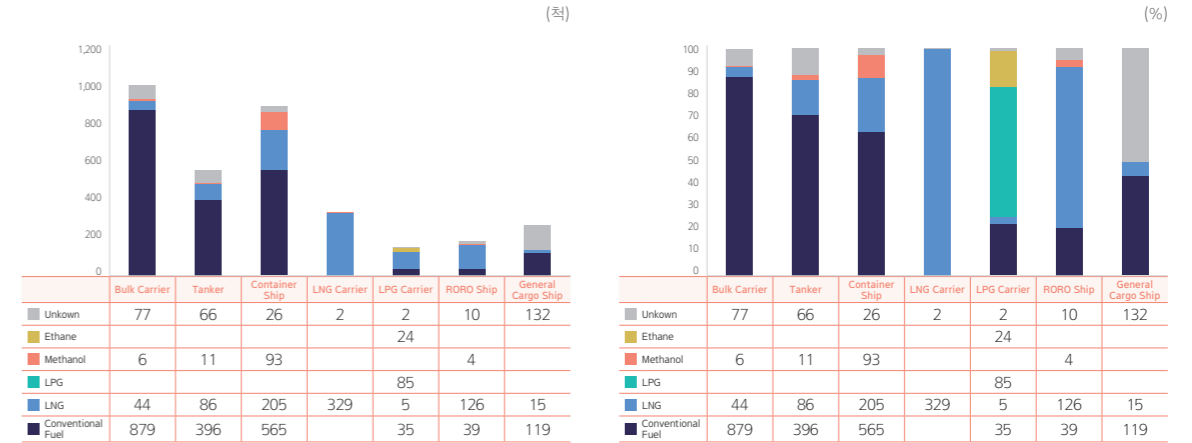
연료 저장 장치 기술은 선박의 배치, 건조 가격, 선박 운항 등에 큰 영향을 미치며 성공적인 대체 연료로의 전환을 좌우하는 중요한 기술

전체 선대 연료 선택 현황



©클락스 리서치, 2023.8.14.

선종별 연료 발주 현황



©클락스 리서치, 2023.8.14.

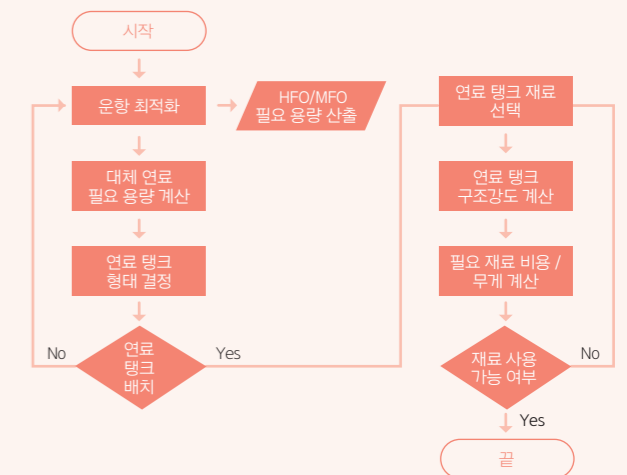
미래 대체 연료 저장 장치 기술의 종류와 재료

대체 연료 저장 장치 기술의 선택

다양한 대체 연료의 선택 가능성은 선박 설계를 어렵게 한다. 동일 선종이라도 다양한 대체연료 중에 어떤 연료를 선택하는지에 따라 연료 탱크의 형태의 형식, 배치, 재료 등이 달라지며 그것들은 선박 전체에 영향을 미치기 때문이다.

성공적인 대체 연료 저장 장치의 설계를 위하여 다음과 같은 흐름도를 작성해 보았다.

대체 연료 저장 탱크 설계 흐름도



우선적으로 결정하여야 하는 선박의 운항 최적화이다. 어떤 항로를 얼마만큼 운항하는지에 따라 필요 연료의 양이 결정되기 때문이다. 운항에 필요한 기존 연료인 선박용 중유(이하 HFO) 또는 선박용 경유(이하 MGO)의 양을 계산하였다면, 이를 바탕으로 대체 연료로 전환하였을 시에 필요한 연료 양을 계산할 수 있다. 대체 연료별로 체적 에너지 밀도가 다르기 때문에 같은 거리를 운항하기 위해 필요한 연료의 양이 달라진다. 예를 들어 메탄올 연료를 사용하여 MGO와 동일한 운항을 하고자 한다면 MGO 탱크 용적보다 2.4배 크기의 e-메탄올 연료 탱크가 선박에 배치되어야 한다.

연료별 특성 비교

Solution	선박용 경유(MGO)	액화천가스(LNG)	바이오표	메탄올	e암모니아	수소
연료 종류	화석 연료		탄소 중립 연료		무탄소 연료	
저장 상태	상온, 상압	-163℃	상온, 상압	상온, 상압	-33℃ or 10bar	-253℃
MGO 대비 연료탱크 크기	1	1.7	1	2.4	2.8(-33℃) 3.4(10bar)	4.2
상대적 신조가	1	~1.3	1	~1.15	~1.2	매우 비쌌
연료 가격 및 가능성	저렴하고 매장량이 풍부		원료 수급 문제로 충분한 대량생산 어려움	이산화탄소 포집 비용이 높음	탄소중립 연료 중에서 저렴	운송 및 저장 비용이 과도함

Excellent
 Acceptable
 Undesirable

©MAN energy solutions, KR 친환경 미래 선박 연료 전망

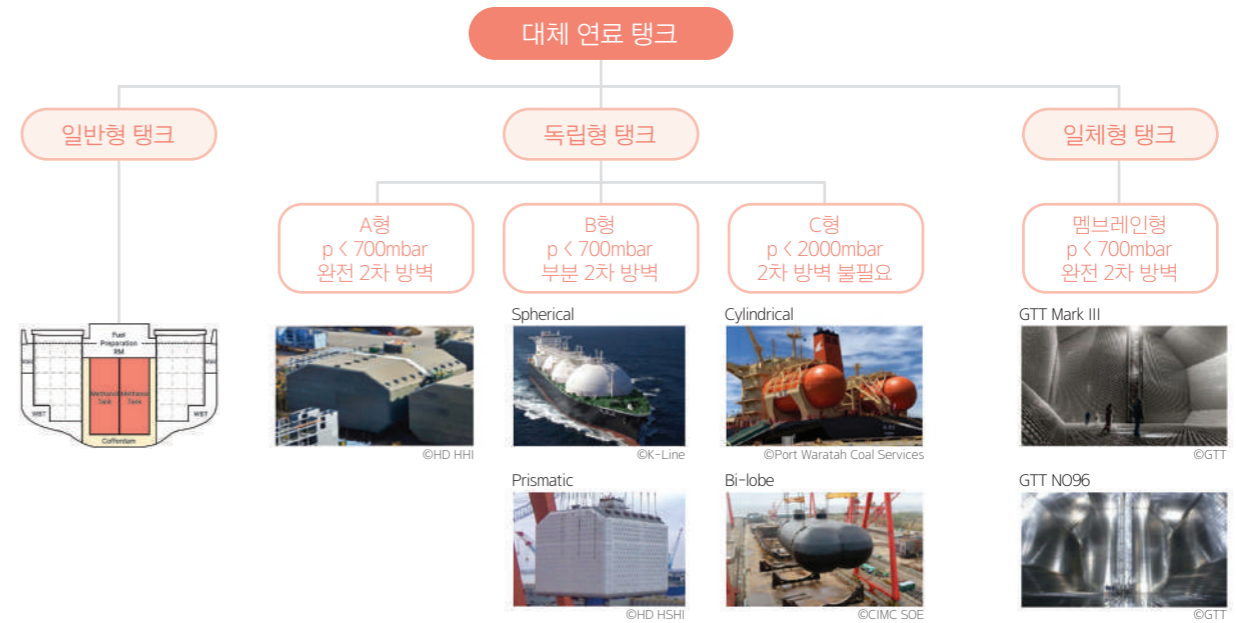


· 대체 연료 저장 장치 기술의 종류

필요한 대체 연료의 양이 결정되면 연료 탱크의 형식 및 위치를 정하여야 한다. 기본적으로 선박용 연료 저장 탱크는 일반 선체 공간을 사용하는 경우와 IMO 독립형 A형, B형, C형 그리고 멤브레인(Membrane)형 적용으로 나뉜다. 보통 필요한 연료의 양이 적은 경우, 독립형 C형 탱크가 사용되고 있으며 많은 연료가 필요한 경우, 독립형 A형, B형 또는 멤브레인형이 사용되고 있다. 다만, 메탄올 연료 탱크의 경우에는 기존 HFO 연료와 같이 일반적인 형식의 탱크 사용이 가능하므로 형상 및 탱크 크기 변화가 다른 연료 탱크에 비하여 자유롭다.

다음 그림은 대체 연료에 적용 가능한 연료 탱크의 대표적인 형식을 보여주고 있다.

대체 연료 탱크 형식 분류



독립형 A형 탱크는 KR에서 종래에 사용되고 있는 선체강도 해석법에 따라 인정하는 기준에 의해 설계되는 탱크이다. 설계 증기압은 0.07MPa 미만이어야 하며 선체 구조와 비슷하게 설계할 수 있어 독립형 C형 탱크 대비 공간 활용의 측면에서 이점을 갖는다. 또한, 액화 연료 유출에 대하여 안정성 확보를 위해 완전한 2차 방벽이 추가적으로 요구된다. 독립형 B형 탱크는 응력 수준, 피로 수명 등을 결정하기 위해 정밀한 해석법을 이용하여 설계된 탱크이다. 설계 증기압은 0.07MPa 미만이어야 하며 부분 2차 방벽 및 누설 시 안전한 처리 및 제거를 할 수 있는 수단이 요구된다. 독립형 C형 탱크는 압력 용기 기준에 기초하며, 표면 결함이 탱크의 수명동안 탱크 외판 두께의 절반 이상 진전되지 않도록 설계된 탱크이다. 따라서, 2차 방벽의 설치가 요구되지 않는다. 멤브레인 탱크는 탱크 벽이 얇은 막으로 구성되어 액체 유출을 막고, 연료의 하중은 탱크 외측의 단열재를 통해 인접한 내부 선체가 지지하는 형태이다.

연료 탱크의 형식을 정하였다면, 연료 탱크의 위치를 선정하여야 한다. 독립형 A, B형 또는 멤브레인형의 경우, 선종 구분 없이 연료 탱크의 크기, 2차 방벽 등으로 인하여 화물구역 상갑판 하부 이외의 배치가 어렵다. 반면에 독립형 C형 탱크의 경우 상갑판 상하부 모두에 설치가 가능하지만 상대적으로 많은 공간을 차지하는 특징이 있다. 일반적인 독립형 C형 탱크의 위치로는 산적화물선의 경우 선미부 상갑판 상부, 탱커선은 화물구역의 상갑판 상부, 로로선은 화물구역 상갑판 하부 등에 고려되고 있다.

일반적인 대체 연료 탱크 형식 및 위치

선종	대체 연료 탱크 형태	대체 연료 탱크 위치
LNG선	독립형 B형, 멤브레인형	상갑판 하부
탱커선	독립형 C형	상갑판 상부(화물구역)
산적화물선	독립형 C형	상갑판 상부(선미부)
컨테이너선	독립형 B형, 멤브레인형	상갑판 하부
	독립형 C형	상갑판 상부(선미부)
로로선	독립형 C형	상갑판 상부(화물구역)
연안 소형선	독립형 C형	상갑판 상하부

필요 용량에 적합한 연료 탱크가 호선에 배치될 수 없다면 연료 탱크의 크기를 줄이거나 기존 선체의 형상을 변경하여야 하는 경우도 발생한다. 때문에 초기 설계 단계에서 대체 연료 탱크의 위치를 고려하지 않았던 현존선의 경우, 연료 탱크 배치 문제로 인해 대체 연료로의 전환에 어려움을 겪는다.

· 대체 연료 저장 장치의 재료

연료 저장 탱크의 재료는 각각의 대체 연료 특성, 저장 설계 온도 및 설계 증기압에 의해 결정된다. 현재 가장 많은 부분을 차지하는 LNG 연료의 경우, 설계 온도는 -163도, 설계 증기압은 0.7bar미만이 요구된다. 이에 LNG 연료 탱크 재료로는 극저온 환경에서도 강도와 인성이 저하되지 않고, 충분한 내충격성을 가져야 하므로 오스테나이트계 스테인리스강, 니켈 합금강, 알루미늄 합금강, 고망간강이 사용된다. 반면에 메탄올의 경우, 대기압에서 끓는점이 64.7도이므로 저온용 강재의 사용이 필요치 않는다. 하지만 메탄올은 일부 재료의 부식을 유발하므로 연료 탱크 코팅이라는 추가적인 조치가 필요하다. 암모니아 연료 탱크에는 통상 -55도를 견디는 저온용강을 사용하여야 한다. 액체 수소 연료 탱크의 경우 수소에 민감하지 않은 재료여야 한다.

연료 탱크의 재료를 선택함에 있어서 재료의 비용은 가장 큰 영향을 미칠 것이다. 하지만 설계를 함에 있어서 재료의 비용만큼 중요한 것은 연료 탱크의 무게이다. 각각의 대체 연료 밀도가 다르고 또한 재료 물성치 특성으로 인해 구조 강도를 만족하는 연료 탱크의 요구 두께가 달라지기 때문이다. 그로 인해 연료 탱크의 무게도 달라져 탱크 지지 구조에 추가적인 보강이 필요할 수 있다.

다음은 9% 니켈 합금강으로 제작된 LNG 연료 탱크의 무게를 기준으로, 대체 연료 밀도 변화에 따른 필요 재료 두께 및 그에 따른 연료 탱크의 무게 증가율을 나타낸 표이다.

독립형 C형 탱크의 연료 탱크 무게 증가율

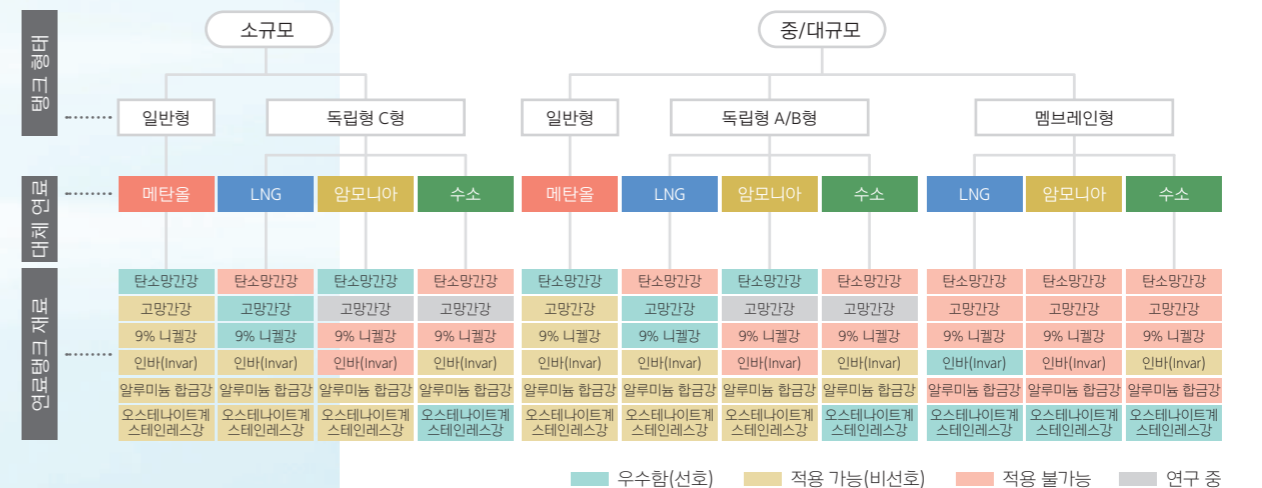
대체 연료 종류	밀도 (kg/m³)	대체 연료 탱크			
		재료	허용응력 (N/mm²)	두께 (mm)	무게 증가율
액화천연가스 (LNG)	470	니켈 합금(9% Ni)	213.3	17.0	1.00
		오스테나이트계 스테인리스강(304L)	116.7	31.1	1.98
		알루미늄 합금(5083)	68.8	52.8	1.06
		고망간강(HMN40)	188.6	19.2	1.13
메탄올	786	니켈 합금(9% Ni)	213.3	28.4	1.67
		오스테나이트계 스테인리스강(304L)	116.7	52.0	3.30
		알루미늄 합금(5083)	68.8	52.8	1.06
		고망간강(HMN40)	188.6	19.2	1.13
암모니아	603	오스테나이트계 스테인리스강(304L)	116.7	39.9	2.53
		알루미늄 합금(5083)	68.8	52.8	1.06
		고망간강(HMN40)	188.6	19.2	1.13
수소	71	오스테나이트계 스테인리스강(304L)	116.7	4.7	0.30
		알루미늄 합금(5083)	68.8	52.8	1.06

이렇듯 다양한 요소를 고려하였을 때, 단일 연료 탱크의 재료로서 LNG 연료의 독립형 A형, B형, C형 탱크의 경우 9% 니켈 합금강 또는 고망간강, 멤브레인형의 경우 오스테나이트계 스테인리스강, 또는 인바(INVAR)가 주된 방벽 재료로 사용된다. 메탄올 및 암모니아 연료의 경우 탄소망간강이, 수소 연료의 경우 오스테나이트계 스테인리스강이 주된 재료가 될 것으로 예상된다.

알루미늄 재료의 경우 연료 탱크의 무게는 9% 니켈 합금강과 크게 차이가 나지 않는다. 하지만 3배 이상의 필요 연료 탱크 두께로 인해 용접 비용 및 용접 결함 증가는 재료의 선호도를 떨어뜨린다.

다음 그림은 현재까지 설명한 필요 연료 용량에서부터 연료 탱크 형식, 연료 탱크 재료 선택의 순서를 도식화한 그림이다.

일반적인 연료 탱크 재료 분류 (1)



· 연료 저장 장치가 개조 비용에 미치는 영향

앞서 언급했듯이 초기에 고려치 않았던 연료 추진 선박으로의 개조는 상당한 비용과 시간이 요구된다. 연료 전환 개조에 대한 연구 보고서 등을 참고하게 되면 선종마다 개조 비용이 다양하지만, 적게는 선가의 50%, 많게는 100% 이상까지 개조 비용이 소요된다는 연구 결과도 있다. 또한 4~6개월의 기간 동안 개조가 이루어지면서 운임 손실도 발생한다. 이런 사항들 때문에 현재 운항 중인 선박을 대체 연료 추진 선박으로 개조하는 것은 현실적으로 어려움이 많다. 대체 연료 준비 선박이 많아지는 이유 중 하나도 바로 대체 연료 추진 선박으로의 개조 비용을 줄일 수 있기 때문일 것이다.

결론 : 연료 저장 장치 기술의 중요성

탈탄소화 요구에 따른 대체 연료로의 전환, 연료 저장 장치의 영향에 대해서 살펴보았다. 성공적인 대체 연료로의 전환에 있어 연료 저장 장치는 그 영향력이 매우 크며 중요하다. 이미 LNG 추진 선박이 도입되기 시작한 때부터 당장이 아닌, 미래 시점에서의 연료 전환 계획이 반영된 대체 연료 준비 선박도 도입되어 왔다. 하지만 현재까지 대체 연료 준비 선박의 실질적인 효과에 대해서는 대부분 회의적인 것이 사실이다. 불확실한 미래 사항을 신조 단계에서부터 당장 결정하고 투자한다는 것에 어려움이 크기 때문일 것이다. 하지만 신조 선박뿐만 아니라 운항 중인 선박의 연료 전환을 고려하지 않으면 안 되는 해운 탈탄소화의 요구가 다방면에서 점점 거세지고 있다. 해운선사, 조선사, 에너지기업 등 다양한 분야에서 연료 저장 장치에 대한 더욱 실질적인 논의가 이루어져야 하며, 협력을 통해 현실적인 해결책과 전략들을 찾아가야 할 것이다. 이 글이 그런 논의를 위한 작은 시작점이 되었으면 좋겠으며, KR도 그런 논의와 협력에 기여할 수 있었으면 한다.



KR Decarbonization Magazine

CCUS 산업과 LCO₂ 운반선 기술

KR 탱커팀 이동범 책임



LCO₂의 안전한 운송을 위해 탱크 설계 시에는 탱크 압력, CO₂ 온도 및 밀도, 순도 등 다양한 요소를 고려해야...

CCUS 기술과 탄소중립 노력

온실 가스 배출량의 증가에 따른 지구 온난화가 기후 변화와 같은 심각한 문제를 야기하고 있다. 이에 많은 국가와 기업들이 탄소중립을 실현하기 위한 노력을 강화하고 있는데, 탄소 포집·활용 및 저장(CCUS) 기술은 이러한 노력의 일환으로 주목받고 있으며 그 성장세가 두드러지고 있다.

CCUS 산업과 이산화탄소 운반선의 역할

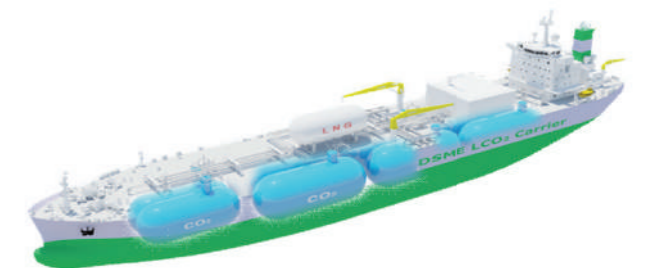
CCUS 산업의 성장으로 인해 이산화탄소 운반선에 대한 수요 또한 급증하고 있다. 이산화탄소 운반선은 CCUS 공정에서 포집된 대량의 이산화탄소(CO₂)를 저온·고압의 안정적인 액화 상태로 저장소까지 안전하게 이송할 수 있도록 특별하게 설계된다.

이산화탄소는 실온에서 기체 상태로 존재하지만, 대량 운송을 위해서는 저온과 고압 조건에서 액체 상태로 유지되어야 하므로 IMO C 타입 탱크가 적용되어야 한다. 효율적인 운송을 위해 이산화탄소 운반선은 기체, 액체, 고체의 세 가지 상태가 함께 존재할 수 있는 온도와 압력인 삼중점에 인접한 조건에서 운송이 가능하도록 설계되어야 하며, 운항 중에는 이산화탄소의 상 변화가 발생하지 않도록 각별한 주의가 요구된다.

한편, IGC 코드에서는 CO₂를 질식성 화물로만 분류하고 있으나, 다수의 국가에서 CO₂를 독성 물질로 정의하고 있음을 고려하여 국제해사기구(IMO)에서도 이에 대한 논의를 시작하였다. CO₂가 독성 화물로 분류되는 경우, 독성 화물의 운송·저장·취급과 관련한 IGC 코드상의 다양한 안전 요건들을 추가로 적용받게 된다. 다만, CO₂의 독성은 다른 독성 화물에 비해 심각도가 크지 않으므로 일부 규정은 면제가 가능할 것으로 예상되는 바, 향후 국제해사기구의 논의 결과를 주목할 필요가 있다.

액화 상태의 이산화탄소(CO₂)를 안전하게 운송하기 위한 탱크 설계에는 다음과 같은 다양한 요소가 고려되어야 한다.

액화 이산화탄소 운반선

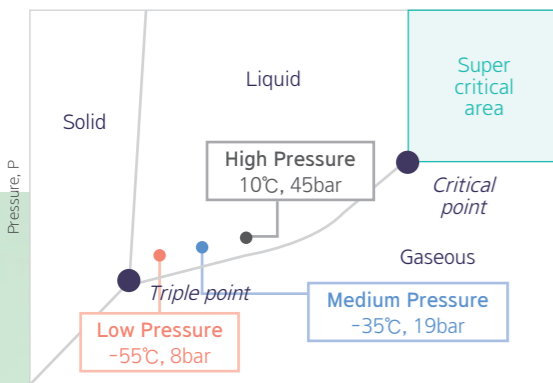


이산화탄소 운반선 설계 요소

· 화물탱크의 압력

탱크의 설계 압력은 저압과 중압으로 나뉜다. 저압과 중압은 운반되는 화물의 양, 최종 저장소까지의 거리, 포집된 CO₂의 불순물 수준 및 상태 등 여러 요인에 따라 결정된다. 탱크의 운영 여유 측면에서는 중압이 저압에 비해 유리한 장점이 있다. 하지만 탱크 설계 시 압력의 증가는 탱크 두께의 증가로 이어지는데, 화물 탱크의 강제 두께 제한으로 인해 중압의 경우 대형화가 힘들다는 단점이 있다. 이에 비해 저압의 경우 탱크의 대형화가 가능하지만, 삼중점에 근접한 운영 압력 때문에 중압에 비해 압력 변동에 의한 고체화(드라이아이스화) 위험성이 커지므로 정교한 압력 제어 및 설계를 포함한 대책 수립이 필요하다.

이산화탄소 저장 탱크의 압력과 온도 설정



<p>· Triple point</p> <p>T = -56.6°C(216.5K)</p> <p>p = 5.2bar(75.4psi)</p>	<p>· Critical point</p> <p>T = 31°C(304.2K)</p> <p>p = 73.8bar(1070.38psi)</p>
---	--

· 화물의 온도

이산화탄소는 저압에서는 -55도, 중압에서는 -35도의 저온으로 운반된다. 따라서 IGC 코드에 따라 저온에 맞는 탱크 재질을 선택하는 것이 중요하며, 탱크의 수축과 팽창에 따른 열응력을 최소화하기 위한 탱크 설계가 필요하다.

· 이산화탄소의 밀도

이산화탄소의 밀도는 약 1.15 ton/m³으로 일반적인 LPG에 비해 약 2배 높은 밀도이다. UI GC7에 따라 피로 측면에서의 추가적인 검토가 요구되며, 슬로싱 측면에서도 높은 비중을 고려한 검토가 요구된다.

· 이산화탄소의 순도

이산화탄소는 순도에 따라 증기압이 크게 변화한다. 일반적으로 이산화탄소 운반선 설계 시에는 고순도의 이산화탄소 운반을 조건으로 하는데, 순도에 따른 증기압의 변화까지 반영할 경우 더 높은 증기압에서의 저장이 가능하도록 설계해야 한다. 이산화탄소의 수분 함량은 탱크의 부식에도 영향을 미치므로 주의가 필요하다.

· 화물탱크의 강제 두께

현재 IGC Code에서는 40mm까지의 강제 두께를 인정하고 있다. 단, IACS UR W1은 독립형 Type C 탱크의 경우 40mm 초과-50mm 이하의 강재에 대해 용접 후 열처리(PWHT, Post Weld Heat Treatment) 또는 ECA(Engineering Critical Assessment)를 요구하고 있다. 대형 탱크의 경우 용접 후 열처리가 쉽지 않으므로 ECA가 적용될 가능성이 높으며, 이를 감안해 IACS에서는 프로젝트 팀을 구성하여 ECA 수행 절차를 마련할 예정이다.

· 화물 탱크의 형상

탱크의 형상에 있어서는 제작 및 설계의 용이성을 고려하여 Cylinder 형태의 Type C 탱크를 사용할 수 있다. 더불어 제작 및 설계의 어려움은 있지만 공간 활용에 용이한 Multi-lobe 형태의 Type C 탱크를 사용할 수도 있다.

LCO₂ 운반선의 암모니아 혼적 시 고려사항

KR의 역할

최근 암모니아-LCO₂ 겸용 운반선 개발 기사를 종종 접할 수 있다. 암모니아를 화력 발전소로 운송한 후, 화력 발전소에서 배출되는 이산화탄소를 저장소로 운송하는 것은 선박 운용의 효율성 측면에서 매우 이상적이다. 이 경우 가장 중요하게 고려되어야 할 요소는 암모니아 운송 후 암모니아 잔류물과 이산화탄소의 혼합으로 인한 이산화탄소의 순도 변화이다. 암모니아를 하역 후 이산화탄소 선적 시 완벽한 탱크 세척이 이루어지지 않는다면 이산화탄소의 순도에 영향을 줄 것이고, 이는 화물의 증기압 변화로 이어져 심각한 사태를 초래할 수 있기 때문이다. 화물 하역 시스템(Cargo Handling System) 또한 완전한 세척이 요구되며, 이를 위해 각각의 암모니아와 이산화탄소를 분리 이송하는 화물 운송 시스템이 필요할 수도 있다. 따라서 동일 탱크에서의 암모니아 및 액화 이산화탄소 교차 적재는 현실적으로 쉽지 않은 과제가 될 것이다.

최근 KR은 여러 조선소들과의 협력을 통해 이산화탄소 운반선의 화물 탱크 및 화물창에 대한 구조적인 안전성 및 적합성 검증을 완료하였다. 화물 탱크는 IGC Code에서 요구하는 영구 하중, 기능 하중, 환경 하중 및 사고 하중 등 다양한 하중 조건에 대한 구조해석을 거쳐 구조적인 안전성이 확인되었으며, 화물창 및 탱크 하부 지지 구조 역시 다양한 설계 하중 조건 하에서의 구조 신뢰성이 검증되었다. KR은 이러한 긴밀한 협력을 통해 탈탄소화 시대에 맞춰 새로운 영역을 개척해가는 고객들의 신뢰할 수 있는 파트너가 되고자 한다.



KR Decarbonization Magazine

Regulatory Updates_



MEPC 80차 결과 및 영향 분석

1. Zero 또는 Near-zero GHG 배출 기술력, 연료 및 에너지원의 도입 증가

2023년 IMO 온실가스 저감을 위한 개정전략의 의욕 수준은 2030년 목표로서 5~10%의 Zero 또는 Near-zero GHG 배출 기술력, 연료 및 에너지원의 사용 규제를 포함하고 있다. 따라서 향후 개발될 중기조치에 대하여 다음과 같은 논의 시나리오를 예상할 수 있다.

- 국제해운에서 사용되는 각종 연료의 에너지 사용 총량을 평가하거나 추정 (예: 5차 IMO GHG Study 등)
- 평가된 총량에서 5% 저감된 에너지 사용량의 온실가스 배출량 산정
- 국제해운의 온실가스 배출량을 5% 줄이기 위하여 다음과 같은 감축 경로 설정
 - 1) Zero 또는 Near-zero GHG 배출량을 지닌 대체 연료의 정의(LCA 지침서와 연계)를 수립하고, 해당 대체 연료를 사용할 수 있는 선단 비율을 5~10%로 규제
 - 2) 또는 대체 연료를 사용할 수 있는 선박들이 대부분 이중 연료를 사용하도록 설계될 것임을 고려하여, 시장 초기 진입자(Early Mover)를 위한 적절한 인센티브와 함께 Zero 또는 Near-zero GHG 배출량을 지녔다고 인정받은 대체 연료의 실제 연간 소모량을 5~10%로 규제

- 3) 또는 대체 연료를 사용할 수 없는 현존 선박들에 대하여, 개별 선박의 연간 연료 소모량에 상응하는 온실가스 배출 총량의 5~10%를 줄일 수 있도록 바이오 연료를 포함한 모든 이용가능한 대체 연료의 사용을 허용하는 목표 기반 접근을 통한 규제

이와 같은 의욕 수준(Level of Ambition)에 추가하여, 2030년까지의 20~30% 온실가스 배출량 저감을 위한 지시적 점검 포인트(Indicative Checkpoint)가 현행의 40% 탄소집약도 저감 요건과 동시에 이행될 예정이다. 이는 2027~2030년까지의 탄소집약도 감축률 결정에도 상당한 영향을 줄 수 있으며, 높은 수준의 감축률이 도입될 예정임을 의미하기도 한다.

2. 바이오 연료와 탄소집약도와와의 관계

MEPC 80차에서 승인된 MEPC.1/Circ.905는 지속가능한 바이오 연료의 사용으로 국제해운의 탄소집약도가 개선되는 가능성을 제공한다. 국제인증체계에 따라 인증을 받고, 33gCO_{2eq}/MJ을 초과하지 않는 바이오 연료는 선박의 연료 소모량에 상응하는 배출량 값에 저위 발열량(Low Calorific Value)을 곱한 값을 해당 연료의 전환계수(Cf)로 부여할 수 있다. 따라서 다음의 시나리오를 예상할 수 있을 것이다.

- 1) 특정 바이오 연료의 Well-to-Wake GHG 배출계수가 24.6gCO_{2eq}/MJ이고, 해당 연료의 LCV 값이 0.04035MJ/g이며, 동 연료를 30% 미만으로 혼합한다면,
- 2) 해당 바이오 연료의 Cf값은 다음과 같이 계산될 수 있음:
Cf = E(gCO_{2eq}/MJ) × LCV(MJ/g) = 24.6 × 0.04035 = 0.993CO_{2eq}
- 3) 해당 바이오 혼합유의 Cf값은 다음과 같이 계산될 수 있음

	비율(%)	Cf(gCO _{2eq} /g)	소모량(ton)	LCV(MJ/g)
FO	70	3.151	9,128	0.0412
Bio-fuels	30	0.993	3,912	0.0375

$$E(\text{MJ}) = \text{Cons}(\text{g}) \times \text{LCV}(\text{MJ}/\text{g});$$

$$\begin{aligned} \therefore Cf_{B30} &= \frac{E_{FO} \times Cf_{FO} + E_{Bio} \times Cf_{Bio}}{E_{FO} \times E_{Bio}} \\ &= \frac{9.128 \times 10^6 \times 0.0412 \times 3.151 + 3.912 \times 10^6 \times 0.0375 \times 0.993}{9.128 \times 10^6 \times 0.0412 + 3.912 \times 10^6 \times 0.0375} \\ &= 2.545\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{g} \end{aligned}$$



KR Decarbonization Magazine

Inside KR



○ KR, 삼성중공업 개발 '200K급 초대형 암모니아 선박'에 개념 승인

KR은 지난 9월 6일 싱가포르에서 개최되었던 GasTech. 2023에서 삼성중공업이 개발한 '200K급 초대형 암모니아 선박'에 개념승인(AIP, Approval In Principle)을 수여했다.

KR과 삼성중공업 간 공동개발 프로젝트(JDP)의 성과로 개발된 초대형 암모니아 선박은 대량의 암모니아를 운송하면서 동시에 이를 추진 연료로 사용함으로써 운항 과정에서 탄소를 배출하지 않도록 개발된 친환경 선박이다.

암모니아는 강한 냄새 때문에 누출 시 신속한 감지가 가능하며, 상대적으로 가벼워 누출 가스를 효과적으로 제어할 수 있고 폭발성이 낮다는 장점이 있다. 반면 금속 부식성과 독성과 같은 부정적 특성이 있어 이를 고려한 안전한 설계가 매우 중요하다.

삼성중공업은 이와 같은 암모니아의 특성을 고려하여 연료 시스템의 개념설계와 선박의 기본설계를 수행했다. 개념설계에서는 암모니아 연료 시스템 적용에 따른 연료 공급, 환기 및 가스 감시 시스템 등을 개발하였고, 선박의 기본설계는 대형화물 탱크 및 선체의 안전성을 확보하기 위해 선급 규칙을 충족하도록 했다.

KR은 암모니아 연료 시스템의 안전성을 검증하고 탱크 및 선체 구조 최적화를 지원하였다. 또 국내외 규정 검토를 통해 초대형 암모니아 선박의 설계 적합성을 검증하여 AIP를 수여했다.

삼성중공업 장해기 부사장은 "청정 암모니아는 친환경 에너지원이자 미래 수소 사회의 에너지 운송에 주 역할을 할 것으로 전망되며, 향후 시장에서는 물동량 증가에 대응하기 위해 초대형 암모니아 선박에 대한 요구가 늘어날 것으로 보인다"며, "이번 암모니아 연료 시스템을 적용한 초대형 암모니아 선박의 개념 승인을 통해 신속한 상용화가 가능하게 됨에 따라 이를 기반으로 향후 친환경 기술 개발에 박차를 가하여 차세대 선박 시장을 선도하겠다"고 전했다.

KR 김연태 전무는 "이번 프로젝트를 통해 양사는 초대형 암모니아 선박의 상용화를 위한 중요한 발판을 마련하게 됐다"며, "KR은 해사산업의 다양한 기업들과 협력하여 친환경 선박 개발을 위한 기술 지원을 계속해 나가겠다"고 밝혔다.

○ KR, 현대미포조선 & HD한국조선해양 개발 '액화 이산화탄소 화물 탱크' 개념 승인



기술이 전 세계 이산화탄소 총 감축량의 상당 부분을 담당하게 될 것으로 예상되는 만큼 액화 이산화탄소 운반선의 수요 역시 늘어날 것으로 전망된다.

대량 운송을 위해 이산화탄소를 액화하기 위해서는 저온 및 고압의 상태가 유지되어야 한다. 여기에 더해 경제적인 운송을 위해 이산화탄소의 삼중점(기체, 액체, 고체 3가지 상이 평형 상태에서 함께 존재할 수 있는 온도와 압력)을 고려해서 설계가 되어야 한다. 특히 운항 중에 이산화탄소의 상 변화가 발생하지 않도록 특별한 주의가 필요하므로 화물 탱크의 설계를 위해서는 고도의 기술력 및 노하우가 필요하다. 이번에 개발된 액화 이산화탄소 화물 탱크는 이산화탄소의 삼중점을 유지하기 위해 독립형 IMO Type-C Tank가 적용되었으며, 특히 구조 적합성 평가로 불리우는 Engineering Critical Assessment(ECA) 평가 기법을 적용해 화물 탱크의 구조 안전성을 추가 검증하였다. 더불어 기존 동일 크기의 선박보다 더 많은 화물을 적재할 수 있도록 설계되어 경제적인 운항이 가능할 것으로 기대된다.

KR은 지난 9월 7일 싱가포르에서 열린 GasTech. 2023에서 현대미포조선과 HD한국조선해양이 개발한 '액화 이산화탄소(LCO₂) 화물 탱크'에 대한 개념 승인(AIP, Approval In Principle)을 수여했다. 이번 AIP를 획득한 선박은 KR, 현대미포조선 및 HD한국조선해양이 협력하여 개발한 프로젝트의 결과물로, 현대미포조선에서 화물 탱크 설계를 수행, HD한국조선해양에서 Engineering Critical Assessment를 수행하였으며, KR에서 해당 설계에 대한 선급 규칙 및 국내외 규정 검토를 통해 적합성을 확인하였다.

이번 액화 이산화탄소 화물 탱크 개발 및 개념 승인은 지속가능한 미래를 위한 글로벌 탄소중립 추세에 발맞추어 탄소 배출을 감소하기 위한 노력의 일환이다. 특히, 탄소의 포집과 활용 및 저장(CCUS, Carbon Capture, Utilization and Storage) 관련

KR은 "이번 AIP를 통해 ECA 평가 방법 및 액화 이산화탄소 화물 탱크의 건조 기술 상용화를 위한 중요한 발판을 마련했다"며, "KR은 이를 기반으로 CCUS 관련 기술을 비롯한 탈탄소 대응 기술 지원을 계속해나갈 것"이라고 밝혔다. 현대미포조선 및 HD한국조선해양은 "이번에 개발한 액화 이산화탄소 화물 탱크는 "탄소중립 목표 달성을 위한 노력의 일환이자 친환경 기술력과 노하우의 결실"이며, "앞으로도 지속가능한 미래를 위해 기술 개발에 힘쓸 것"이라고 밝혔다.

KR, HD현대중공업 개발 'LNG 이중 연료 추진 대형 가스 운반선(VLGC)'에 개념 승인



KR이 지난 9월 7일 싱가포르에서 열린 가스텍 박람회(GasTech 2023)에서 HD현대중공업 관계자들이 참석한 가운데 'LNG 이중 연료 추진 대형 가스 운반선(VLGC, Very Large Gas Carrier)'에 개념 승인(AIP, Approval In Principle)을 수여했다.

이번 공동개발 프로젝트(JDP)를 통해 개발된 'LNG 이중 연료 추진 대형 가스 운반선(VLGC)'은 선박용 경유(MGO)와 LNG를 이중 연료로 사용하는 선박으로, LNG 연료 탱크 27기가 개방갑판 상부 양쪽에 배치되는 것으로 설계되었다. HD현대중공업은 대형 가스 운반선(VLGC)의 설계 기술력을 바탕으로 기본설계, 연료 공급 배관 및 가스 탐지 시스템 배치, LNG 연료 탱크 설계를 수행하였으며, KR은 국내외 규정 검토를 통해 설계 안전성·적합성을 검증하고 개념 승인을 수여했다.

현재 전 세계 해사업계는 강화되는 온실가스 규제를 충족하기 위해 다양한 대응책 마련에 고심하고 있으며, 특히 LNG 연료 등 친환경 연료 추진선에 대한 시장의 관심이 높은 상황이다. KR 김연태 전무는 "KR은 수년 전부터 국제 규제에 대응하는 주요한 대안으로 꼽히는 LNG와 관련한 친환경 기술 개발에 집중해왔으며, 이번 JDP와 같이 조선소와의 공동 개발 프로젝트를 기반으로 탈탄소 대응을 위한 고객 지원을 더욱 강화해나가겠다"고 전했다.

HD현대중공업 전승호 부사장은 "HD현대중공업은 그간 쌓아온 설계 기술력을 바탕으로 LNG 연료 등 친환경 연료 추진선을 개발하기 위해 노력해왔는데, 이번 JDP를 통해 결과를 증명하게 되어 기쁘다"며, "앞으로도 친환경 선박 개발을 위한 기술 혁신에 더욱 힘쓰겠다"고 말했다.

KR, HD현대중공업 개발 '신개념 액화 가스 화물창 및 연료 탱크'에 개념 승인

KR은 지난 6월 8일 노르웨이 오슬로에서 열렸던 노르쉬핑(Nor-Shipping 2023)에서 HD현대중공업이 개발한 '신개념 액화 가스 화물창 및 연료 탱크(Hi-ICON)' 형상 설계에 대해 개념 승인(AIP, Approval In Principle)을 수여했다.

액화 가스 탱크 설계의 핵심 기술 요소는 선박의 운동에 의해 발생하는 탱크 내 슬로싱* 현상을 감소시켜 구조적인 안정성을 확보하는 것이다. 이는 운송 과정에서 발생할 수 있는 사고나 재난 위험을 줄이는데 중요한 역할을 한다.

* 선박과 같은 구조물의 동요에 의해 액체 상태의 화물이 탱크 내에서 파도처럼 움직이는 현상으로, 이는 탱크 내에 강한 충격을 주고 손상을 발생시킨다.

HD현대중공업은 이러한 핵심 기술 요소들을 반영한 새로운 액화 가스 화물창 및 연료 탱크를 개발했다. 액화 가스 화물창의 형상을 최적화함으로써 슬로싱 현상을 대폭 완화시키고 안정성을 확보한 것이 큰 특징이라 할 수 있다. 동시에 기존의 화물창 배치를 개선함으로써 작업 효율성을 높이고 생산성도 한층 향상시켰다.

KR 관계자는 "HD현대중공업에서 개발한 새로운 탱크 형상은 슬로싱 저감과 효율적인 화물창 배치를 통해 안정성 및 생산성을 높일 수 있는 기술들이 집약되어 있다"며, "KR은 금번 AIP와 같이 새로운 화물창 기술 개발에 적극 협력하고, 나아가 조선업계의 차세대 친환경 선박 개발을 위한 기술 지원에 최선을 다하겠다"고 말했다.

HD현대중공업 관계자는 "HD현대중공업은 이번 AIP를 받은 Hi-ICON을 향후 다양한 액화 가스 운반선 및 추진선 등에 확대 적용하여 국내외 선주들에게 안전하고 신뢰할 수 있는 토탈 솔루션을 제공할 것"이라며, "이를 기반으로 LNG를 포함한 향후 미래 액화 화물 운반선 시장에서 지속적으로 글로벌 수주 경쟁력을 강화해 나가겠다"고 전했다.



○
**KR-현대미포조선,
 해상풍력 유지보수 지원선(CSOV)
 개발한다!**



KR은 7월 24일 경기도 성남시 HD현대 글로벌 R&D센터에서 HD현대 계열사인 현대미포조선과 함께 '해상풍력 유지보수 지원선* 기본설계 공동개발'을 위한 업무협약을 체결했다.

* CSOV : Commissioning Service Operation Vessel

해상풍력 유지보수 지원선은 해상풍력 구조물 설비의 운영 및 유지보수를 위한 선박으로, 국내에서는 울산, 동해, 제주 등지에 대규모 해상풍력 발전사업이 추진되는 등 전 세계적인 신재생 에너지 확대 추세로 해상풍력 시장이 확대됨에 따라 그 수요가 크게 증가할 것으로 전망된다.

이러한 수요에 선제적으로 대응하기 위하여 양사는 CSOV 자체 디자인 개발에 힘을 모으고 동시에 해상풍력 단지 운영 기술을 국산화하기 위한 협력을 도모하기 위해 이번 공동협약을 추진하였다.

CSOV의 핵심 기술 요소는 해상에서 해상풍력 구조물의 유지보수 등의 작업을 수행해야 하는 환경을 고려하여, 선박의 수중 위치를 안정적으로 유지할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해 선체 유지 시스템(Dynamic Positioning System)이 활용되는데, 이는 프로펠러 및 방향타 등을 사용하여 바람, 파도 및 물의 흐름과 같은 외부 힘을 견딜 수 있게 해주어 해상 작업의 안정성을 확보하는 역할을 한다.

현대미포조선은 이러한 국내외 풍력 단지의 해상 환경을 고려하여 선체 유지(Dynamic Positioning) 성능 확보를 위한 최적의 선형을 개발하는 동시에 하이브리드 전기 추진 시스템을 적용한 설계를 수행할 예정이다. 또한, 모션 제어가 가능한 크레인 및 갑판교(Gangway) 등 각종 기자재를 시스템화하여 안정적인 작업 수행이 가능하도록 함으로써 시장 경쟁력을 확보할 예정이다.

KR은 이번 CSOV 기본 설계에 대해 국내외의 규정을 검토하고 설계 안정성과 적합성을 검증할 계획이다. CSOV의 기술 개발이 완료되면 국내 자체 기술로 향후 추진 중인 국내 해상풍력 단지의 운영 및 유지보수가 가능해질 것으로 기대된다.

현대미포조선 정이호 상무는 "탄소중립 시대로의 전환에 발맞춰 해상풍력 발전산업 분야의 설비 운영 및 유지보수를 위해 CSOV의 수요가 크게 증가할 것으로 예상된다"며, "현대미포조선의 우수한 설계 능력을 바탕으로 이번 개발을 성공적으로 완료하여 향후 글로벌 CSOV 건조 시장에서 유리한 입지를 선점해 나가겠다"고 전했다.

KR 연구진 도면승인실장은 "현대미포조선과 함께 CSOV 선박 개발에 공동으로 참여하게 되어 의미가 깊다"며, "특히 CSOV는 아직 완전한 국산화가 이루어지지 않은 만큼 세계적인 조선 기술을 가지고 있는 국내 조선소와의 공동협력을 통해 기술 국산화를 이룰 수 있도록 KR의 기술 지원을 아끼지 않겠다"고 말했다.

○
**KR,
 SeaTrust-FOWT(부유식 해상풍력)
 소프트웨어 신규 개발**



KR이 부유식 해상풍력 플랫폼의 직접구조해석 평가를 수행할 수 있는 'SeaTrust-FOWT'와 관련한 지침서를 개발했다.

* Floating Offshore Wind Turbine의 약자로, 부유식 해상풍력을 의미

SeaTrust 소프트웨어 시리즈는 KR의 대표 기술 소프트웨어로서, 선박 구조부재 체크, 직접해석에 따른 안전도 확인 등 기능별로 다양한 프로그램이 출시되어 있다. 때문에 국내외 조선 및 해운업계에서 폭넓은 사용자를 확보하며 관계자들의 많은 호평을 받고 있다.

이번에 새롭게 출시된 KR SeaTrust-FOWT는 부유식 해상풍력 시장이 확대됨에 따라 부유식 해상풍력 플랫폼 설계와 구조 안전성 검증을 위한 구조해석 요구사항이 증가할 것으로 보고, 고객의 기술적 수요에 대응하기 위해 개발됐다.

FOWT 플랫폼 구조의 경우, 해상 환경의 특성상 시간에 따라 변화하는 바람의 속도와 방향, 종류 등으로 인해 풍하중(Wind Load)이 풍력터빈 날개 및 타워 하부에까지 전달되기 때문에 구조 안전성 검증을 위한 통합하중 해석 및 시뮬레이션 수행이 필수적이다.

현재 이 플랫폼의 안전 및 성능을 평가하기 위해서는 국제 규정인 IEC 61400 Series를 따르도록 되어 있으며, KR을 포함한 주요 선급에서는 해당 규정을 기반으로 FOWT 부유체 평가 관련 규칙 및 지침을 자체적으로 개발하여 안전성을 검증하고 있다.

그러나 기존에 IEC에서 제시한 시간영역해석을 기반으로 하는 통합하중 해석요건 등의 환경이 제한된 시간 내에 수행하기에는 상당한 애로사항이 있어 KR은 이를 개선하기 위해 미국 FrontEnergies사와 함께 오픈소스 기반의 OpenFAST를 활용하여 공동연구를 진행했다.

이를 통해 출시된 SeaTrust-FOWT는 기존의 Engineering Tool에서 발견되었던 해석시간 및 H/W Resource 문제가 효과적으로 개선되었다. 또한 IEC 및 다수 선급이 제시하고 있는 요구 조건들에 대해 효율적으로 구조 안정성을 평가할 수 있는 프로시저와 시스템을 갖추고 있다.

KR은 이와 함께 FOWT 통합하중해석 조건에 대한 사용자의 접근성과 편의성을 고려해, 상세 기술 설명과 사례가 포함된 'FOWT 플랫폼 직접구조해석 지침서'도 개발했다.

한편 KR은 이번 SeaTrust-FOWT 출시와 지침서 발간을 기념하여 지난 7월 18일 서울 엘타워에서 기술 컨퍼런스를 갖고, △SeaTrust-FOWT 소개 및 시연 △SeaTrust-FOWT에 적용된 기술 검증 및 장점 등 부유식 해상풍력 플랫폼 기술 개발 현황 및 적용 사례를 소개하는 시간을 가졌다.

본 기술 컨퍼런스를 주최한 KR 김대현 연구본부장은 "FOWT 플랫폼의 소프트웨어 정확성을 사용자 관점에서 검증한 결과와 각 모듈별 사용자 활용 방법을 기술 컨퍼런스를 통해 소개하며 실무적으로 높은 활용 가능성을 확인할 수 있었다"며, "조선-해운업계 및 학계 관계자들로 많은 관심과 호응을 받은 만큼 계속해서 이번 SeaTrust-FOWT와 같이 고객 관점의 엔지니어링 기술 서비스를 확대해 나가겠다"고 말했다.

「IMO 탄소집약도 요건에 관한 학술논문」 영국 학회지 Ocean Engineering에 게재

KR의 김희준 수석검사원이 발표한 학술논문 「선박운항 탄소집약도를 줄이기 위한 신규 조치의 효과적 이행을 위한 분석 및 제언」이 영국 학회지 'Ocean Engineering'에 게재되었다.

Ocean Engineering은 영국에서 설립된 세계적인 마린 엔지니어링 관련 학술 연구 단체로, 해양 및 오프쇼어 재생 에너지, 선박 기인 대기오염과 온실가스 저감을 위한 각종 설비 개발 등을 주요 분야로 한다. 특히 국제 학술지의 영향력을 파악할 수 있는 피인용 지수 (Impact Factor)가 상위 5% 내외로 유지되는 해양 분야에서 권위있는 국제 학술 단체다.



해당 논문에서는 IMO가 온실가스 저감을 위한 단기 조치 중 하나인 탄소집약도(CII)를 시행함으로써 발생한 산업계 파급 효과를 분석하고, 기술적으로 완전한 국제 해운의 온실가스 배출량 산정 방법론을 통해 해사산업계로의 부정적인 파급 효과를 최소화하는 내용 등을 다루고 있다. 때문에 향후 선사 및 선급 등 해사산업계가 CII 규정을 이행할 시, 이번 논문이 유용한 가이드가 될 것으로 기대된다.

본 연구를 수행한 김희준 수석검사원은 KR에서 다년간 해운 선박검사 업무를 비롯해, IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 한국정부대표단 수석자문 및 국제선급연합회(IACS) 등 국제 업무를 수행하며 해양환경보호 관련 국제 규정에 대한 전문성을 쌓아왔으며, 이러한 전문 지식을 기반으로 학위 과정을 통해 연구활동을 수행하며 이번 학술 성과를 이뤄냈다.

현재 해사업계는 지난 7월에 열린 IMO MEPC 80차 회의에서의 결정사항을 반영해 탈탄소화 대응 준비에 한창이다. 본 회의에서는 △국제 해운의 온실가스 저감을 위한 개정전략 △국제 해운의 온실가스 저감에 관한 중기 조치 △해상 연료유 전주기 평가 지침서 등에 관한 중요한 결정이 이루어졌다.

KR 관계자는 “이번 연구 성과와 같이 KR의 우수한 전문가와 기술력을 바탕으로 IMO 온실가스 저감 관련 핵심 기술 연구 개발은 물론, 최신 국제 규제 동향 및 기술 성과 등을 발 빠르게 공유하여 고객들이 탈탄소화에 효율적으로 대응해나갈 수 있도록 지속적으로 노력해나갈 것”고 말했다.

한편 이번 연구 성과는 IMO MEPC 80차 회의에서 김희준 수석검사원이 한국정부대표단 자격으로 참여하여 각 회원국에 공유하였다.

IMO 2050 대응을 위한 ‘KR 선박용 배터리 검사 서비스’



탈탄소화는 현재 세계 해사업계가 당면한 가장 큰 과제이다. 국제해사기구(IMO)에서는 2030년까지 2008년 대비 선박 온실가스 배출량을 40% 저감하고 2050년 무렵까지 순-배출량 Zero(Net-zero)에 도달하겠다는 단계별 전략을 세웠으며, 해사업계는 이 목표를 수행하기 위해 다방면으로 대책을 세우고 있다.

전기 추진 선박 역시 그 대안 중 하나로, 고용량의 전기 에너지를 효율적으로 저장하고 관리할 수 있는 배터리 시스템은 친환경 전기 추진 선박의 핵심 기술로서 더 작은 크기로 더 많은 용량의 전력을 저장하는 것이 관건이며, 여기에는 안전성이 반드시 뒤따라야 한다.

KR은 도면 검토부터 형식승인 시험, 단품검사, 설치검사, 시운전 등 배터리 시스템을 선박에 적용하기까지의 전 과정에서 체계적인 검사 서비스를 제공하고 있다.

‘KR 선박용 배터리 검사 서비스’에 대한 자세한 내용은 KR 유튜브 채널을 통해 확인할 수 있다.





In keeping with our passion for the protection of the natural environment, KR offers survey and certification services for renewable energies, including wind and ocean power. KR is continuously working on new and innovative green ship technologies to reduce emissions and fuel usage, using these advances to enable our customers to meet their environmental goals.

KR Decarbonization Magazine

Vol. 04 Autumn 2023

Korean Register

46762 부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36 (명지동)
(46762) 36, Myeongji ocean city 9-ro, Gangseo gu, Busan Republic of Korea

Tel +82 70 8799 8871

E-mail krkst@krs.co.kr

www.krs.co.kr

Copyright © 2023 ALL RIGHTS RESERVED BY KOREAN REGISTER