



SNAKZINE

깊이 보는 뉴스 읽기



선박 탈탄소 연료 전망 (3/3)

글 : (주) 보성 권효재 상무 / kwon7775@bosunggroup.com

이번 시간에는 미래의 탈탄소 연료 채택과 투자 전략, 상황별 탈탄소 연료 채택 시나리오에 대해 알아보겠습니다. (이후 본문의 도표는 모두 [DNV Energy Transition Outlook 2021]에서 가져왔습니다.)

현재 거론되고 있는 선박 연료/추진 시스템의 종류들과 탈탄소 효과와 장단점을 간단히 정리해 보면 다음과 같습니다.

1) VLSFO/MGO - 현재 가장 구하기 쉽고, 엔진/연료 저장 설비 비용도 저렴. 탄소 배출량 저감 효과가 없고 향후 배출권 가격 상승 시 운항 경비 상승 위험 매우 큼

2) LNG - 현재 벙커링 인프라가 대형 항만을 중심으로 전세계 80여곳에 구축되었으며, 이중연료 엔진/LNG 저장 기술은 안정화됨. 탄소 배출 저감 효과가 크지 않고 (20% 내외) 향후 배출권 가격 상승 시 운항 경비 상승 위험 큼. 바이오가스를 이용한 LNG ('bio-LNG')나 그린수소로 합성한 LNG ('e-LNG')의 경우 탄소 배출 저감 효과가 크나 향후 공급량 확대 전망 불투명

3) 수소 - 현재 벙커링 인프라 거의 없으며 선박용 대형 연료전지 기술도 개발 필요. 그린수소의 경우 탄소 배출 저감 효과 크지만 대량 공급 인프라 구축을 위한 투자 규모가 방대함. 액화수소라고 하더라도 선박용 연료 저장 탱크 용적이 커져서 (중유 대비 4배, LNG 대비 2배) 운항 경제성이 떨어짐

4) 암모니아 - 현재 벙커링 인프라 거의 없으며 암모니아 연소 엔진 기술도 개발 필요. 그린 암모니아의 경우 탄소 배출 저감 효과 크고, 대량 공급 인프라 구축이 수소에 비해 용이함. 인체 유해성으로 인해 선박용 연료로 사용하는데 있어 선원들의 거부감 극복 필요

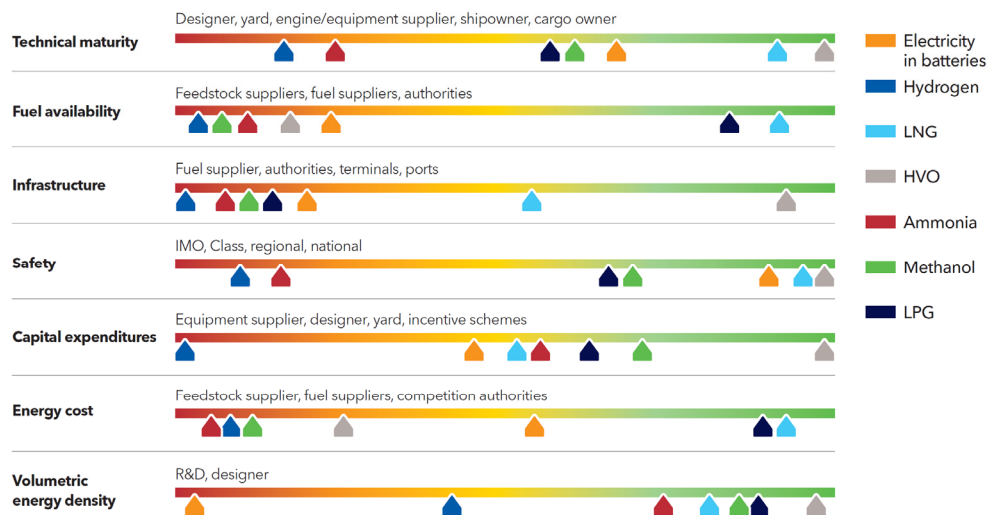
5) 메탄올 - 현재 벙커링 인프라 거의 없으나 연소 엔진 기술 상용화됨. 바이오 메탄올의 경우 탄소 배출 저감 효과 크고, 대량 공급 인프라 구축이 수소에 비해 용이함. 바이오 메탄올은 공급량 확대에 제약이 있으며,

그린수소를 이용한 합성 메탄올은 대량 공급 인프라 구축을 위한 투자 규모가 방대함. 상온 액체 상태 연료이므로 취급과 저장이 편리해서 선박 운항 경제성 측면에서 유리

6) LPG - 엔진 기술은 상용화되었으나, 현재 벙커링 인프라 거의 없음. 탄소 배출 저감 효과는 크지 않지만 (15% 내외) 중유 기반 엔진에 비해 대기오염 물질 배출이 적고, 투자비가 저렴하여 중소형 선박의 경우 운항 경제성이 우수

7) 배터리 - 추진기 기술은 상용화되었으나, 배터리의 에너지 저장 밀도 한계와 중량으로 인해 단거리 노선에만 적용 가능. 재생전원으로 배터리 충전 시 탄소 배출 저감 효과 크며, 저소음에 오염물질 배출이 없는 장점. 단거리 왕복 노선의 경우 운항 경제성이 빠르게 개선될 것으로 예상

이러한 연료별 장단점을 기술적 성숙도, 연료 조달 가능성, 벙커링 인프라, 안전도, CAPEX 규모, 에너지 비용, 연료의 에너지 밀도(연료 탱크 용적)의 7가지 기준별로 평가한 것이 아래 그림 1입니다. (연료별로 붉은색 쪽에 가까이 위치하면 해당 항목에서 불리, 초록색 쪽에 가까이 위치하면 유리하다는 의미입니다.)



〈그림 1. 선박 연료 장단점 비교〉

7가지 기준에서 지배적으로 좋은 평가를 받은 연료는 없기 때문에, 결국 선사들마다 처한 상황에 따라 다양한 연료 채택/투자 전략을 세워서 대응하고 있습니다. 세부적으로 다양한 전략들이 있겠으나 크게 보면 3가지로 나눌 수 있습니다.

A. LNG Dual Fuel 엔진 + LNG/bio-LNG/e-LNG 전략

이 전략은 탄소 배출을 대폭 줄이는 탈탄소 연료 공급 인프라가 현재 존재하지 않는 상황에서 중간 단계의 연료로 LNG를 사용하자는 데서 출발합니다. LNG 추진선으로 신조 건조할 경우 중유 엔진 대비 DF 엔진과 연료 공급 시스템 비용이 더 들어가기 때문에 선사로서는 20% 정도 추가 투자를 해야 합니다. 하지만, LNG를 연료로 쓰면 중유 대비 20% 정도 탄소 배출량이 저감되며, DF 엔진이므로 연료 시장의 상황에 따라 중유와 LNG를 선택적으로 사용할 수 있는 유연성을 확보할 수 있습니다. 또한 상황에 따라 LNG 벙커링이 여의치 않을 경우에도 중유를 이용할 수 있어 운항 신뢰성을 높일 수 있다는 장점도 있습니다.

다양한 에너지 저감 장치/기술을 채택한 LNG 추진선은 향후 10~15년 정도는 IMO의 EEDI/EEXI 규정을 충족할

수 있을 것으로 예상되며, 그 이후에는 bio-LNG, e-LNG를 이용해서 IMO 규정이나 탄소배출권 상승에 대응하자는 게 포인트입니다. 허브 항만을 운항하는 대형 컨테이너선이나 광산-제철소, 광산-발전소를 왕복 운항하는 대형 광탄선의 경우 채택하기 용이하며, 프랑스의 CMA-CGM이나 한국의 포스코 계열 선사들이 이 전략을 사용하고 있습니다.

이 전략의 리스크는 우선 LNG 추진선 건조에 필요한 추가 투자 부담과 향후 bio-LNG, e-LNG가 언제 얼마나 어느 정도 가격에 공급될지 현재로서는 예측하기 어렵다는데 있습니다. bio-LNG는 현재 시장에서 구할 수 있는 LNG 벙커링 인프라에 그대로 투입할 수 있지만, 가격이 비싸고 공급량이 LNG 대비 1% 미만입니다. e-LNG는 그린수소가 대량 공급되어야 하며, 재생전기-그린수소-합성메탄-LNG 라는 복잡한 전환 과정을 거치므로 태생적으로 그린수소를 바로 쓰는 것보다는 연료비용이 높아집니다. 그러므로 정리하면 이 전략은 당장 채택할 수 있고, 향후 10년 정도는 탄소 비용 위험에 대응할 수 있으며 매우 유연하게 상황에 대비할 수 있는 장점이 있지만, 장기적으로는 운항 경쟁력이 떨어질 수 있어 중기적으로 적합하나 장기적으로 위험이 다소 있는 전략이라고 할 수 있겠습니다.

B. 일반 선박 엔진 + VLSFO/MGO/bio-MGO/e-MGO

이 전략은 LNG 추진선이 20% CAPEX가 비싼데 비해 탄소 배출 저감 효과가 20% 내외로 크지 않다는 점에서 출발합니다. 즉, 배를 한 번 건조하면 20~30년을 사용해야 하는 점을 감안하면 차라리 향후 10년 정도는 일반 선박 엔진에 VLSFO 혹은 MGO를 지금처럼 그대로 쓰자는 것입니다. 대신 2030년 이후 IMO 운항 규제나 탄소배출권 가격 상승으로 기존 연료로는 도저히 운항이 불가능한 시점에서 bio-MGO나 e-MGO처럼 기존 연료 공급 시스템/엔진에 그대로 투입할 수 있는 연료로 교체하자는 전략입니다.

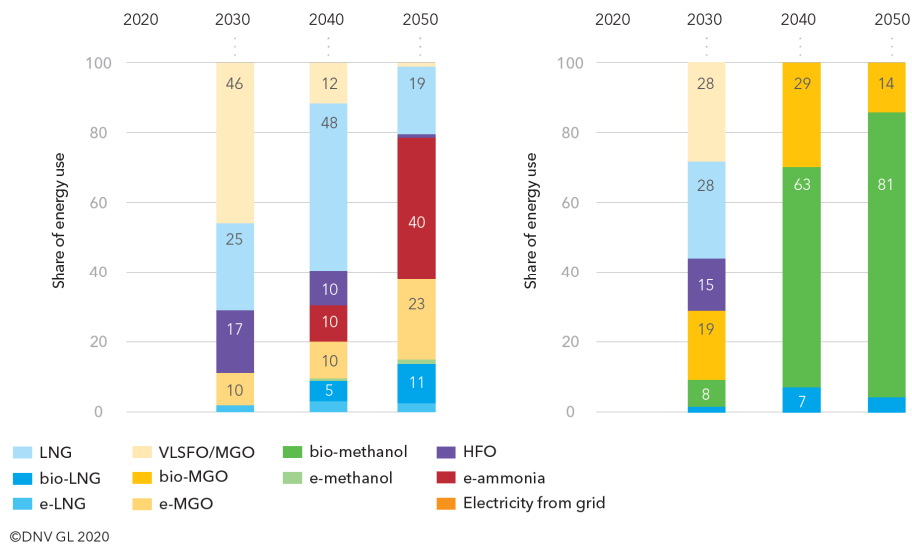
이 전략은 선사의 투자 여력이 여의치 않고, 중소형 선박이 부정기 항로를 운항하는 경우 현실적인 대안이 될 수 있습니다. 왜냐하면 탈탄소 연료 중 벙커링 인프라가 그나마 많이 보급된 LNG조차 여전히 유럽 지역과 일부 대형 항만을 제외하면 벙커링이 원활하지 못하기 때문에 중소형 선박의 경우에는 LNG 추진선으로 투자해서 건조해도 실제 운항 중 필요한 연료 공급에 제약이 많기 때문입니다. 또한 미래에 재생전원의 발전 원가가 과거 10년과 같은 절감 속도를 유지한다면 e-fuel의 생산 원가도 하락하여 10년 후에는 경쟁력 있는 가격으로 공급될 가능성을 배제할 수 없기 때문입니다. 그 경우 e-fuel은 별도의 인프라 구축 비용이 불필요하므로 벙커링 공급자를 통한 최종 공급 비용이 LNG나 수소/암모니아 등 인프라 구축 비용이 필요한 연료와 겨룰 수 있는 수준이 될 수도 있습니다.

또한 중간 단계로 휘발유에 에탄올을 혼합하듯 바이오 디젤을 혼합하면 탄소 배출을 그만큼 줄일 수도 있습니다. 다만, 바이오 연료는 각국의 농업 정책, 바이오 기술의 발전과 생산 설비의 규모, feed stock 유통망 구축에 따라 유의미한 공급량을 누가 언제 확보할 수 있을지 예측하기 어려운 리스크가 남습니다. 또한 만약 미래의 에너지 공급망이 재생전원과 대규모 그린수소/암모니아 위주로 개편되고 수소/암모니아 공급 인프라가 확충되어 합성 과정에서 에너지 손실이 발생하는 e-fuel의 경제성이 떨어질 수도 있습니다. 그 경우 이 전략을 채택한 선박들은 2035년 이후 운항 연료비 부담이 급증하거나 IMO의 강화된 규정 준수가 불가능하여 결국 조기 폐선을 할 위험에 노출됩니다.

아래 그림 2는 DNV가 실시한 2050년까지의 다양한 연료 시장 점유율 시나리오 분석 결과 중 하나입니다. 재생전원의 발전 원가, 각국의 농업 정책과 바이오 기술의 발전, 벙커링 인프라 구축 투자 등에 따라 수십 가지 시나리오가 가능합니다. 왼쪽 그래프는 재생전원 발전 원가가 대폭 하락하고 LNG 벙커링 인프라와 암모니아 벙커링 인프라 투자가 이루어지는 시나리오에서의 연료별 점유율을 보여줍니다. 오른쪽 그래프는 각국의 농업 정책이 바이오

연료 생산에 유리한 방향으로 설정되고, 새로운 연료 벙커링 인프라 투자가 잘 이루어지지 않는 시나리오에서의 연료별 점유율을 보여줍니다.

오른쪽과 왼쪽 그래프의 2030년 연료별 점유율은 크게 차이가 나지 않지만, 2040년부터는 전혀 다르게 왼쪽은 LNG, 오른쪽은 바이오 연료 위주로 벙커링 시장이 형성될 것을 나타냅니다. 선사별로 선호하는 시나리오도 다릅니다. 대주주인 Total Energy가 LNG를 직접 공급하려는 CMA-CGM은 당연히 왼쪽 시나리오를, 전 세계에서 바이오 에너지 공급 비중이 가장 높은 나라인 덴마크의 거대 선사 Maersk는 오른쪽 시나리오를 선호합니다. B 전략을 채택할 수밖에 없는 중소 선사들은 아마도 이런 거대 선사들의 신조 투자 방향과 주요 항만들의 벙커링 인프라 및 연료 가격 동향을 보면서 상당기간은 B 전략을 고수할 가능성이 높습니다.



〈그림 2 2050년까지의 선박 연료 시장 점유율 시나리오들〉

C. “Ready” 선박 건조 후 개조

이 전략은 A 전략을 하기에는 자본력이나 선대 규모는 부족하고, 그렇다고 B 전략으로 향후 운항비용 증가 혹은 규정 미준수 위험을 감당하기는 부담스러운 선사들이 채택할 만한 전략입니다. “Ready” 개념이란 지금 당장은 채택을 하지 않지만 미래의 적정 시점에 선박을 원하는 사양으로 개조할 수 있도록 미리 고려하여 설계하는 것을 의미합니다. 예를 들어 “LNG Ready”는 LNG를 쓸 수 있는 DF 엔진을 탑재하고 LNG 연료 탱크 자리는 비워 두되 연료 공급 배관은 미리 설치해 둔 선박입니다. 이렇게 하면 향후 선박에 LNG 연료 탱크만 설치하면 바로 LNG 추진선으로 사용할 수 있어 개조 공사가 간단하며 선급 인증 획득도 쉽습니다. 유사하게 “암모니아 Ready”는 암모니아를 쓸 수 있는 DF 엔진을 탑재하고 암모니아 연료 탱크 자리를 비워 두고 암모니아 연료 공급 배관과 안전 규정은 미리 반영한 선박입니다. “메탄올 Ready” 역시 동일한 개념입니다.

이러한 “Ready” 선박은 A 전략보다는 투자비가 적고, B 전략보다는 유연성이나 리스크가 적지만 향후 선박 개조 공사를 해야 하는 단점이 있습니다. 그리고 “Ready” 설계 개념을 적용할 때 LNG, 암모니아, 메탄올 중 선택을 해야 하는 부담도 있습니다. 현재 국내외 다수의 엔진 메이커와 조선소들이 앞다투어 다양한 연료를 적용할 수 있는 DF 엔진과 연료 공급 시스템, 연료 탱크를 선보이고 있으며 시범적으로 발주가 되고 있습니다. LNG 운반선이 boil off 가스 연소를 선박 연료로 사용하면서 LNG 보일러+스팀터빈 기술을 채택했고 이후 LNG DF 엔진으로 발전했듯이 메탄올과 암모니아 추진선도 메탄올, 암모니아 운반선부터 적용되고 있습니다. 이 선박들은 현재는 중유를 연료로

사용하지만 메탄올, 암모니아 DF 엔진이 개발되었으므로 향후 메탄올, 암모니아 운반선부터 메탄올, 암모니아 추진선으로 적용이 되고 여기서 축적된 실선 운항 특성을 반영하여 다양한 “Ready” 선박과 연료 공급 시스템이 다양한 선형으로 확대될 것으로 예상됩니다.

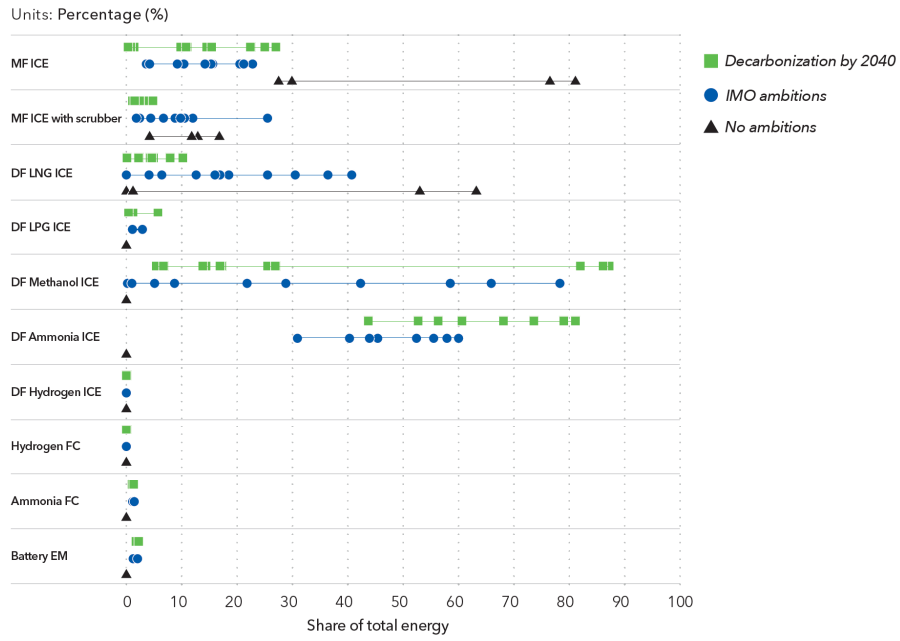
또한 Maersk를 포함한 유럽의 일부 선사들은 LNG 추진선 단계를 생략하고 바로 메탄올이나 암모니아 추진선으로 이행을 계획하고 있으며, 이를 위해 다양한 DF 엔진과 연료 공급 시스템을 탑재하여 수 년간 운항 후 전 선대의 건조 및 개조 프로그램을 확정할 계획으로 알려져 있습니다.

상기의 A, B, C 전략 중 어떤 전략이 주류가 되고, 대응을 위해 어떤 기술을 우선 개발해야 할지 고민이 필요하지만, 정답은 없습니다. 누차 말씀드렸듯이 변수가 많기 때문에 우선은 다양한 엔진 기술/연료/“Ready” 설계 개념의 조합에 따른 투자비와 운영비를 계산할 수 있는 능력부터 구비를 해야 합니다. 선사들도 고민이 많아 조선소와 기자재 메이커에 문의를 하는 상황이며 선사 별 상황에 따라 적용 가능한 전략이 다르기 때문입니다. 이 때 조선소와 기자재 메이커, 학계에서는 확률적으로 가능성이 높은 기술 대안, 다양한 연료 채택 시나리오들 중에서 비교적 고르게 지지를 받는 시나리오를 선별해야 합니다. DNV의 60개 시나리오 분석에 따르면 아래 그림 3처럼 정책 목표에 따라 기술 별 점유율 차이는 다양하지만 전반적으로 메탄올 DF 엔진과 메탄올 연료 조합은 점유율 편차가 클 것으로, 암모니아 DF 엔진과 암모니아 연료 조합은 점유율 편차가 적을 것으로 예상됩니다.

메탄올은 당장 바이오 매스를 통해 탄소중립 연료로써 시장에 공급이 가능하고, 메탄올 DF 엔진이 개발되었으며, Maersk라는 세계 최대 규모의 선사가 적극적으로 지지하고, 상온상압에서 액체 상태로 존재하므로 저장/취급이 편리한 장점이 있습니다. 다만 재생전원의 발전원가가 대폭 하락할 경우 e-암모니아에 비해 연료비 단가가 높아지므로 2050년 이후 경쟁에서 불리할 가능성이 있다는 게 단점입니다.

암모니아는 기체 수소에 비해 요구 용적이 작고 액체로 전환하여 보관/취급하기가 액체 수소보다 훨씬 쉽고, 세계적으로 이미 대규모 공급망이 갖추어져 있으며, 향후 글로벌 수소 경제가 발전할 때 대규모 투자가 기대되는 연료입니다. 다만 연료 자체의 독성과 기체 연료라는 점에서 선원들의 선호도가 떨어지는 점과 재생전원으로서의 에너지 전환이 기대만큼 빠르지 않을 경우 경제성 확보나 벙커링 인프라 구축이 상당기간 지연될 가능성도 있다는 게 단점입니다.

희망하기로는 정부와 조선사들이 협력하여 메탄올과 암모니아를 two-track으로 공동 기술 개발하면서 다양한 실증과 실선 운항을 하여 기술 개발 경쟁에 뒤처지지 않고 LNG 운반선처럼 시장을 선도할 수 있기를 기원합니다.



〈그림 3 다양한 추진기술별 미래 시장 점유율 시나리오들〉