

LNG 냉열 활용부터 액화수소 인수기지까지 켄텍HYLOT, 극저온 상용화가속

HYLOT이 정부가 발주한
4건의 실증 과제를
모두 수주하는 성과를 거뒀다.
박상우 기자

01
전남 나주에 있는 한국에너지
공과대학교 전경으로, 새 건물이
들어서는 공사가 한창 진행 중이다.
(사진=HYLOT)

02
지난 2월 12일 HYLOT 연구실이
개발한 LNG액화수소(LH₂) 냉열을
활용한 에너지·가스 공정 통합
설계·시스템 최적화 기술을
와이케이스틸에 이전하기 위한
업무협약을 체결했다.
(사진=HYLOT)

01



한국에너지공과대학교(KENTECH)의 HYLOT 연구실이 해양수산부, 기후에너지환경부, 국토교통부가 각각 발주한 국책 실증 과제 4건을 동시에 수주했다. 단일 연구실이 정부 부처의 굵직한 과제를 한 해에 모두 따낸 것은 매우 이례적인 성과다.

HYLOT 연구실을 이끄는 황지현 교수는 이번 성과의 배경으로 '통합 시스템 엔지니어링 역량'을 꼽았다.

황지현 교수는 "선정된 과제들의 적용 분야는 각기 다르지만, 극저온 유체, 열관리, 공정 최적화, 증발가스(BOG) 처리, 액화-재액화, 실증 운전이라는 핵심축으로 연결되어 있다"라며 "정부에서도 HYLOT이 이룬 연구에 그치지 않고 실제 산업 현장에 바로 적용할 수 있는 공정 설계와 실증 중심의 연구를 수행해온 점을 높이 평가한 것으로 보인다"고 밝혔다.

이어 "연구실은 단순히 개별 장비나 요소 기술을 단편적으로 연구하지 않는다. 액화수소, LNG 냉열, 탄소포집 등 극저온 에너지 밸류체인 전체를 통합적으로 설계하고 실증할 수 있는 안목과 역량에서 차별성을

인정받았다"고 덧붙였다.

HYLOT이 이번에 수주한 과제는 △고효율 선상 탄소포집시스템(OCCS) 상용화(해양수산부) △액화수소충전소 내 BOG 저감 기술 개발 △LNG 미활용 냉열 기반 산업용 가스(N₂, O₂) 생산(이상 기후에너지환경부) △액화수소 인수기지 핵심기술 개발(국토교통부)이다.

선박에서 탄소 포집하는 기술 개발

선상 탄소포집은 선박이 화석연료(LNG, 벙커C유 등)를 연소할 때 발생하는 배기가스에서 이산화탄소를 직접 포집한 뒤 이를 영하의 온도로 액화시켜 선박 내 탱크에 저장하는 기술이다. 항만에 도착하면 저장된 이산화탄소를 하역해 지중에 저장하거나 산업용으로 활용한다.

HYLOT는 해수부 과제를 통해 파도의 움직임, 선박의 기울기 등 동적인 해상 환경에서도 포집, 액화 설비가 안정적으로 작동하도록 공정을 설계한다. 또 선박의 폐열을 활용해 포집장치 가동에 따른 연료 소모를 최소화하고,

LNG 등이 기화할 때 발생하는 냉열을 이산화탄소 액화 공정에 사용하는 기술을 구현한다.

황지현 교수는 “공정 시뮬레이션과 디지털 기반 운전해석을 통해 다양한 해상 조건에서 공정 응답 특성을 분석하고, 선박 내 제한된 에너지 환경 속에서 포집 효율을 극대화하는 방향으로 연구를 진행한다”라며 “HYLOT의 시스템 전체 최적화 역량을 적극 활용해 선박엔진, 배기가스, 포집장치, 냉각시스템, 저장시스템을 하나의 통합 공정으로 해석하고 최적의 설계안을 도출하겠다”고 설명했다.

최적 공정 제어로 BOG 제로화

액화수소충전소의 경제성을 좌우하는 핵심 요소는 BOG 저감이다.

HYLOT은 글로벌 에너지 기업에서 쌓은 공정 설계 노하우를 바탕으로 실제 현장 데이터와 거의 일치하는 시뮬레이션 모델, 동적 공정 제어를 통해 BOG 발생을 최소화하는 기술을 개발한다.

세부적으로 먼저 외부 온도, 충전 횟수, 잔량 등에 따라 실시간으로 변화하는 탱크 내부 상태를 디지털 예측 모델로 구현한다. 이를 기반으로 BOG 발생을 최소화할 수 있는 수소 주입 압력과 속도, 저장 타이밍을 산출하는 최적의 운전 알고리즘을 개발할 계획이다.

발생한 기체수소를 재액화하거나, 충전소 내 연료전지용 연료로 재활용해 전력을 생산해 BOG로 인한 손실을 사실상 제로화하는 모델을 지향한다.

황 교수는 “단순히 저장탱크만 개선하는 것이 아니라 저장·이송·열교환·압축·충전 운영 전략까지 포함한 시스템 차원의 최적화를 추진하고 있다”라며 “버려지는 수소를 줄이는 수준이 아니라 충전소 전체의 운영 효율과 안정성을 높이는 방향으로 과제를 수행해 저장용량 4톤급 기준으로 충전소 전체 BOG 손실을 하루 7% 이하로 줄이는 목표를 달성하고자 한다”고 말했다.

LNG 냉열로 만든 질소로 액화수소 만든다

수입되는 액화천연가스(LNG)는 영하 162°C의 극저온 액체 상태다. 이를 발전소나 도시가스에서 사용하려면 열을 가해 기화시켜야 한다. 이 과정에서 막대한 양의 냉열이 발생한다. 현재는 대부분 바닷물로 냉열을 회수하는데, 이는 막대한 에너지를 바다에 버리는 것은 물론 주변 해수 온도를 낮춰 해양 생태계에 영향을 미친다.

이 냉열을 산업 현장의 필수가스인 액화질소와 액화산소 생산에 활용하려는 시도가 진행돼왔다. LNG를 기화할 때 나오는 냉열을 이 공정에 활용하면 전력 소모량을 최대 50% 이상 절감할 수 있다. HYLOT은 이번 과제를 통해

HYLOT



03
강원도 삼척에 들어서는 액화수소 인수기지 조감도.
(사진=현대건설)

04
HYLOT 연구실 소속 교수와 학생들로 정부 과제를 통해 극저온 분야의 전문성을 확보할 계획이다.
(사진=HYLOT)

LNG 냉열로 질소와 산소뿐만 아니라 액화수소를 만드는 기술을 설계한다. LNG 냉열을 이용해 액체질소를 만든 뒤 이 액체질소를 수소 액화 공정의 냉매로 투입한다. 이는 액화수소를 만들기 위해 소모되는 에너지를 줄일 수 있다.

액화수소 인수기지 마스터플랜 설계

정부는 강원도 삼척에 있는 화력발전소 유휴부지에 액화수소 인수기지를 구축한다. 인수기지가 제 기능을 하기 위해서는 액체수소를 안전하게 옮기는 하역 설비, BOG를 최소화해 대용량의 액화수소를 장기간 보관하는 저장탱크, 수요처의 요구에 맞춰 공급하는 기화 송출 공정 및 통합 안전관리 시스템 등 총 3가지 핵심 기술이 필수적이다. HYLOT은 이번 국토교통부 과제를 통해 이 액화수소 인수기지의 종합 마스터플랜을 설계하고 핵심 기술의 국산화를 이끈다.

구체적으로 하역-저장-송출로 이어지는 모든 과정에 대한 열역학적 모델링을 수행해 가장 효율적이고 경제적인 공정 설계와 운영 시스템을 개발한다. 이와 함께 국내에 전무한 대규모 액화수소 인수기지 관련 법적·안전 기준을 수립하는데 필요한 핵심 실증 데이터를 제공할 계획이다.

황지현 교수는 “현재 국내에 일부 요소 기술은 확보되어 있으나 인수기지 전체를 아우르는 시스템 차원의 설계와 실증 경험은 아직 부족하다”라며 “이번 과제를 통해 실제 인수기지 구축을 위한 설계·운영·안전 기준 통합 플랫폼


기술을 확보하는 것이 최종 목표”라고 밝혔다.

세계 최대 연구소와 시너지 극대화

오는 2028년 충남 보령에 세계 최대 규모의 액화수소 전문 연구·평가 기관이 들어선다.

HYLOT이 구축과 운영을 총괄하는 이 연구소에선 액화기, 저장 시스템, BOG 관리 시스템, 디지털 트윈 기반 운전 기술 등을 실제 액화수소 환경에서 테스트하고 인증받을 수 있다. 황지현 교수는 “해당 연구소는 이번 국책과제의 실증뿐만 아니라 향후 인수기지, 액화수소충전소, 선상 액화시스템 등으로 기술을 확장해 나가는 핵심 전초기지가 될 것”이라고 말했다.

이와 함께 HYLOT은 해외 연구기관과의 협력을 강화하고 있다. 현재 HYLOT은 유럽연합의 국제공동연구 프로그램인 호라이즌 유럽(Horizon Europe)의 MIRAE 프로젝트에 참여해 신테프(SINTEF), 프라운호퍼(Fraunhofer), 뮌헨공대(TUM), 린데 등과 차세대 액화수소 시스템을 공동으로 연구 중이다.

황 교수는 “HYLOT은 단순한 논문 실적에 머물지 않고, 실제 플랜트 운전과 실증 역량을 완벽히 갖춘 실전형 연구실로 성장하는 것을 지향한다”라며 “대한민국을 대표하는 극저온 수소 시스템 연구 거점을 넘어 글로벌 액화수소 실증과 시스템 엔지니어링을 주도하는 세계적인 연구 그룹으로 자리매김하는 것이 최종 목표”라고 말했다. 



03