



황지현 / 한국에너지공과대학교 교수

액화수소에 진심인 황지현 켄텍 교수, 원천기술 확보 강조

국내 액화수소 산업이 살 길은 '기술, 기술, 기술'이라고 반복해 강조하는
황지현 한국에너지공과대학교 교수를 만났다.

성은숙 기자

“인천광역시, 창원특례시, 울산광역시
에 이어 충청남도 보령시까지 이제는
우리나라의 액화수소 인프라가 세계적
수준으로 올라섰습니다. 이에 발맞춰
원천기술 확보도 속도를 내야죠. 우리
연구소가 원천기술 개발에 큰 역할을
하길 바라고 있습니다.”

황지현 한국에너지공과대학교(KENTECH, 이하 켄텍) 에너지공학부 교수가
월간수소경제와 만난 자리에서 그간
켄텍과 수소에너지 FIP(Fraunhofer
Innovation Platform) 연구소의 성

과를 소개하며 이같은 포부를 밝혔다.
액화수소 산업에서 황지현 교수는 지
금 가장 '핫한' 전문가다. 국제학회는
물론 지자체와 기업, 정부 기관들이 그
와 켄텍을 찾는다.

켄텍 홈페이지에 소개된 황 교수의 연
구 키워드(Research keywords)로는
'수소 액화(Hydrogen Liquefaction)',
'액화수소(LH2)', '블루수소 생산(Blue
Hydrogen Production)', '액상유기수
소운반체(LOHC)' 등이 있다. 또한 수
소에너지 연구는 켄텍의 5대 에너지 중

점 연구분야(에너지 AI, 에너지 신소재,
차세대 그리드, 수소에너지, 환경·기후
기술) 중 하나다. 액화수소 시장의 본격
적인 개화가 기대되는 요즘 황 교수가
분주하게 움직일 수밖에 없는 이유다.

황 교수는 켄텍-프라운호퍼 수소에너
지 FIP 연구소(이하 수소에너지 FIP 연
구소)의 소장을 겸임하고 있다. 수소
에너지 FIP연구소는 지난 2022년 9
월 켄텍 캠퍼스에 개소한 세계적인 수
소에너지 연구기관 독일 프라운호퍼와
켄텍의 공동연구소다. 이 연구소는 황

지현 교수와 독일 프라운호퍼 연구소의 클레멘스 일서(Klemens Ilse) 박사의 책임으로 운영된다.

켄텍은 이 연구소를 통해 프라운호퍼 연구소와 △그린수소 생산·저장·운송 기술 연구를 위한 랩 스케일(Lab-scale) 설비 공동 구축 △상용화 검증을 위한 파일럿 스케일(Pilot-scale) 구축 △독일과 한국 내 현지 산업과의 긴밀한 협력을 통한 기술이전 추진 등 수소 전주기 연구와 기술개발 프로젝트를 주도적으로 수행한다.

수소기술 국산화 베이스캠프 목표

황지현 교수는 “연구소 개소 후 1차년도엔 국제협력 프로젝트 추진 성과가 가시적으로 나타났는데, 특히 최근 유엔 산하 기구와 공동 진행한 동남아시아 지역 내 수소 인프라 구축사업의 경우 사업자 선정 최종 라운드까지 올라가기도 하는 등 1차년도 성과는 함께 평가를 받은 FIP 연구소 16곳 중에서 2등을 차지할 정도였다”며 자부심을 드러냈다.

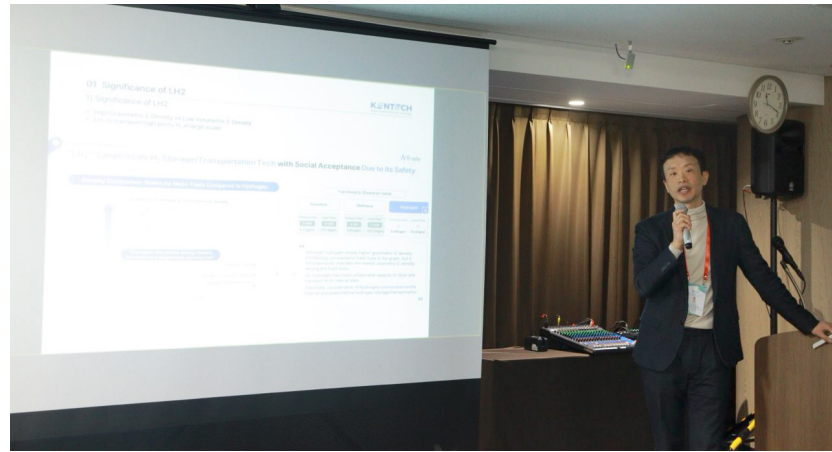
켄텍에 따르면 프라운호퍼는 수소에너지 FIP연구소의 1차년도 연구 성과에 대해 ‘우수’ 평가를 내리고, “유례를 찾아볼 수 없을 만큼 우수하다”고 호평했다.

황 교수는 이달 초중순 독일 프라운호퍼 본부를 방문해 2차년도 계획 등을 보고할 예정이다. 국제협력 프로젝트나 협업 연구를 하기 위한 인프라 구축 사업을 추진하기 위해서다.

이는 국내 수소산업 생태계를 성공적

으로 조성하기 위한 밑 작업이기도 하다. 황 교수는 “독일 프라운호퍼 연구소에 있는 우수한 인재들을 이용할 수 있다는 강점을 부각해 켄텍 캠퍼스 내에 중소기업 등을 위한 테스트베드(성능 시험장)라든가 액화수소 기술연구

를 위한 랩 스케일 설비 등 인프라 구축안을 지난해에 이어 올해도 정부에 제안할 계획”이라고 설명했다. 그는 지난해 정부에 280억 원 규모의 인프라 구축 사업 제안서를 제출한 바 있다. 황 교수는 켄텍, 독일 프라운호퍼



01 ———— 지난 1월 일본 도쿄에서 개최된 FCEE 2024 학회에서 켄텍 황지현 교수는 기술자문 및 세션 좌장으로 참여해 ‘액화수소충전소 구축 연계 안전성 평가·실증 및 안전기준 개발’ 과제의 2차년도 결과를 발표했다.(사진=황지현 교수)



02 ———— 지난 2023년 10월 한국에너지공단, 독일 프라운호퍼 ICT 연구소, 한전 전력연구원은 ‘암모니아 혼소발전 안전 분야 국제 공동 연구 개발’을 위한 업무 협약을 체결했다.(사진=한국에너지공단)



03 ———— 향후 규제샌드박스를 적용하여 액화수소충전소로 전환 예정인 대원수소충전소 전경(조감도=창원산업진흥원)

ICT(Institut für Chemische Technologie) 연구소, 한전 전력연구원 연구원이 체결한 ‘암모니아 혼소 발전 안전 분야’ 업무협약을 담당하기도 했다. 독일 프라운호퍼 ICT 연구소는 현재 수소 확산 알고리즘 개발과 실험을 통한 검증까지 독자적으로 수행할 수 있는 연구소로 알려진다.

황 교수 연구팀은 한국전력 전력연구원이 주관 연구기관으로 진행 중인 ‘USC(Ultra Super Critical, 초초임계압)급 보일러 암모니아 혼소발전기술개발 및 실증(2023년~2027년)’ 과제의 4세부 과제 ‘암모니아 안전성 평가 기술 개발’에 참여하고 있다.

이에 대해 황 교수는 “이번에 독일에 가서 프라운호퍼 ICT 연구소 측과 미팅을 통해 구체적인 업무 범위를 명확하게 하고, 3월쯤 본 계약이 시작되면서

올 한 해 동안 실제 국제협력이 이뤄질 것 같다”고 말했다.

“국내 액화수소충전소 보급에 기여하고 싶어”

황지현 교수는 액화수소에 관한 연구도 활발하게 펼치고 있다. 그는 지난 1월 일본 도쿄에서 열린 ‘국제 청정에너지 엔지니어링 포럼 2024(FCEE 2024)’에서 기조연설자 자격으로, 한국에너지기술평가원 주관으로 진행 중인 ‘액화수소충전소 구축 연계 안전성 평가·실증 및 안전기준 개발’ 과제의 2차년도 결과를 발표했다.

이 과제는 대용량(하루 1,000kg 이상) 액화수소충전소의 안전성 검증, 설치·유지 관리 등의 국내 안전기준 마련을 위한 실증 기반 안전성 평가와 안전기준 개발을 최종 목표로 하는 과제로,

2022년 4월부터 수행됐다. 주요 연구성과물인 충청북도 영동 액화수소충전소의 준공, 액화수소충전소 운영과 안전기준 개발을 위한 데이터 수집을 수개월 내로 앞두고 있다.

황 교수 연구팀은 이 과제의 1차년도에는 ‘해외 액화수소충전소 핵심 설비 구축 기술 사례 분석’, ‘국내 액화수소충전소 핵심 설비 구축 기술 사양서 개발’을 담당했다. 2차년도에는 ‘해외 액화수소충전소 공정 시스템 해석’, ‘국내 수소충전소 구축 설계와 국내 공정 시스템 설계 요구(안)’ 도출을 수행했다.

해당 과제에 대해 황 교수는 “일본, 미국 등에 액화수소충전소가 설치된 건 꽤 있지만, 이 정도 규모의 대용량 액화수소충전소의 설계 요구안과 안전기준을 만드는 일은 우리가 거의 처음인 것으로 알고 있다”고 말했다.

이어 “3차년도에는 지식재산권(IP) 이슈에 유의하면서 전 세계 액화수소충전소 설계 자료를 조사 가능 범위 내에서 모으고 데이터베이스화 할 생각”이라면서 “국내 산업에 액화수소충전소가 보급되는 데에 많은 기여를 하고 싶다”고 말했다.

황 교수는 국내 액화수소충전소와 인프라의 구축·보급을 가속화하기 위해 정부의 규제 완화가 필요하다고 강조했다. 그는 “수소의 경우 위험성이 높다는 등의 이유로 규제가 심하다 보니 민간 사업자가 사업하기엔 힘든 상황이 많다. 액화수소의 경우는 기체수소와는 다르게 거의 상압에서 극저온 상태로 저장되기 때문에 상대적으로 매우 안전하다. 수소의 경우 고온 및 고압 운전 조건일 경우 위험성이 급격히 증가하며 액화수소 기술을 이용해 저장 및 운송하는 경우는 매우 안전하기 때문에 사회 수용성이 매우 높다”며 “합리적인 수준으로 규제를 완화하고, 규제샌드박스를 적극 운영해 사업이 활성화되도록 만들어야 한다”고 말했다.

이와 함께 기업은 원천기술 개발에 힘써야 한다고 강조했다. 황 교수는 “수소사업은 민간기업이 하기엔 경제성이 거의 없기 때문에 정부 보조금 없이는 사업을 영위하기 어려운 상황”이라면서 “기업은 정부 지원 없이도 수소사업을 펼쳐 나갈 수 있도록 고민해야 한다”고 말했다. 이어 “수소산업의 스케일업(scale-up·규모 확대)을 위한 대규모 투자에 앞서 근원적으로 원가절감 기술, 그린수소 경제성 확보를 위한 국내



04 ——— 황지현 교수 연구팀이 ‘가스텍 2023’에서 발표한 4개국 6개 연구기관(한국에너지공단-한국조선해양-독일 Linde-영국 ITP Power-독일 프라운호퍼 연구소-미국 ABS)의 신개념 연안부유식 그린수소 생산 및 액화 플랫폼 기술 개발 모델(그림=한국에너지공단)



05 ——— 지난 2022년 5월 한국에너지공단, 한국조선해양과 공동으로 개발한 신개념 해양 수소 생산 및 액화 플랜트 개념설계에 대해 ABS로부터 AIP를 획득했다. (사진=한국에너지공단)

액화수소 도입터미널 인프라 기술 개발 및 구축, 천연수소 채굴 등 획기적인 연구개발이 관건”이라고 부연했다.

신개념 해양 수소생산과 액화플랜트 개념설계로 국제적 주목

황지현 교수 연구팀은 HD한국조선해양과 긴밀한 협력 관계를 바탕으로 굵직한 성과도 내고 있다.

가까운 바다 연안에 접안시킨 선박의 갑판에 수전해 기술을 이용한 수소생산 시설을 설치하고, 생산된 수소를 바로 액화해 저장한 뒤 활용처로 공급할 수 있는 신개념 해양플랜트 개념이 대표적이다.

앞서 지난 2022년 2월 켄텍과 HD한국조선해양은 ‘친환경 미래 에너지 기술 개발 협력을 위한 업무협약’을 체결하

고, 그해 5월 양 기관이 공동으로 개발한 신개념 해양 수소생산과 액화플랜트 개념설계에 대해 미국선급(ABS)으로부터 기본설계인증(AIP, Approval in Principle)을 획득했다.

황 교수 연구팀은 지난 2022년 9월 해양·산업용 가스 분야 국제학회 ‘가스텍(Gastech Conference) 2022’에서 HD한국조선해양 미래기술연구원의 산학협력 공동연구개발 결과인 ‘100MW급 연안 부유식 그린수소 생산 플랫폼 개념’을 발표했다.

이는 육상 수소생산 플랜트와 달리 표준화된 설계모델을 기반으로 조선소

내의 자동화 공정에 따라 설계, 제작, 시운전이 일괄 진행돼 건설비용 절감과 공기(工期) 단축 효과를 기대할 수 있다는 평을 받았다. 또한 수소 수요량과 활용처에 따라 유동적인 생산 모델을 공급할 수 있어 학회에서 크게 주목받은 것으로 알려진다.

황 교수는 기존 LNG 사업의 부유식 생산·재기화 시스템(FSRU)에서 영감을 받아 해당 개념을 구상했다. 그는 “이 프로젝트는 수소 1kg을 만들고 액화시키는 비용을 1달러 수준으로 맞추어보려는 허황된 꿈일 수 있는 목표를 갖고 시작한 것”이라면서 “1차년도에

사례연구(case study)를 한 결과 콤팩트 설계를 위해서는 고분자전해질막(PEM) 수전해 방식이, 고순도의 수소를 위해서는 액화수소가 적합하겠다는 결론을 얻었다”고 말했다.

황 교수는 해당 프로젝트를 전라남도가 추진하고 있는 ‘그린수소 에너지섬 조성사업’에 적용하는 등 상용화 기술로 발전시킬 수 있는 방안을 모색했다. ‘그린수소 에너지섬 조성사업’은 전남도 서부권에 8.2GW의 해상풍력 발전단지, 태양광 발전단지와 연계한 그린수소 대규모 생산실증단지를 조성하는 사업이다.



06 ——— ‘그린수소 에너지 섬’ 조성 구상도(그림=전라남도)

상용화의 일환으로 켄텍은 지난 2023년 5월 HD한국조선해양, 독일 린데, ABS와 '연안부유식 그린수소 및 액화 플랫폼 기술 공동 연구개발을 위한 업무협약'을 체결했다. 독일 린데가 이번 협약에 참여함으로써 연안부유식 그린수소 생산 및 액화 플랫폼' 개념설계안이 상용화 기술로 발전할 수 있는 초석을 마련했다는 점에 의의가 있다. 황 교수는 2020년~2021년 린데엔지니어링(Linde Engineering) 독일 풀락(Pullach) 본사에서 수석 프로세스 전문가(Sr. Process Expert)로 근무한 이력이 있다.

황지현 교수는 "린데, ITM Power 등의 기업뿐만 아니라 독일 프라운호퍼 연구소 연구원들도 함께했다"며 "1차년도에 켄텍과 HD한국조선해양이 개발한

개념을 상용화해 전남도 '그린수소 에너지섬 조성사업'에 적용하기 위해 좀 더 상세한 실제 설계 데이터가 많이 들어갔다"고 설명했다.

해당 국제공동연구에는 추후 영국 ITM Power까지 합류하게 됐다. 4개국이 수행한 공동 연구 결과물은 지난 2023년 9월 열린 '가스텍 2023'에서 공개됐다.

당시 황 교수는 "해상풍력발전소 이용률을 높이려면 바로 옆에 그린수소 플랫폼을 지어 잉여전기로 그린수소를 생산하는 게 가장 바람직하다"며 "신안 해상풍력발전소 옆에 연안 부유식 그린수소 플랫폼을 지으면 주변 섬 지역의 전기 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 잉여전기로 생산한 그린수소를 광양철강공장, 여수석유화학공장 등

지에 공급할 수 있다"고 했다.

황 교수는 "2024년 해양기술박람회(OTC·Offshore Technology Conference)에서 상세한 결과를 발표할 계획"이라며 "이를 바탕으로 정부에 우리의 사업 기획서를 제안하고, 내년쯤 예비타당성조사를 신청하는 것이 목표"라고 말했다.

이와 함께 '연안 부유식 그린수소 생산 및 액화 플랫폼 기술'의 장점으로 높은 경제성과 사회적 수용성, 친환경성을 꼽았다. 그는 "연안 부유식 그린수소 플랫폼은 조선소에서 만들고 토잉(towing·끌기)해 설치하는 개념으로 경제성이 높은 데다 무인도의 자연을 파괴하지 않을 수 있다"라며 "우리가 지구환경을 위해 액화수소를 연구하는 건데 수소 관련 설비 때문에 생태계를 파괴해선 안 된다"고 강조했다.

‘보령 액화수소 연구소’ 기반 수소액화 기술 국산화 기여 목표

황지현 교수는 '보령 블루수소플랜트 구축사업'에도 깊이 관여하고 있다. 그는 "블루수소 밸류체인 구축 사업이 플랜트 오퍼레이션에만 그치지 않으려면 원천기술이 있어야 하고 원천기술을 개발할 수 있는 연구소가 필요하다는 내용을 2022년 말쯤 보령시에 제안해 관련된 일을 같이 하게 됐다"고 설명했다.

충청남도 보령시 등에 따르면 한국중부발전과 SK E&S는 공동으로 2025년까지 5조 원을 투자해 보령시 오천면 보령LNG터미널과 연계한 블루수



08 ———
'보령 블루수소 생산기지' 예상
조감도.(그림=SK E&S)

09 ———
황지현 KENTECH 교수가 한국-독일 간
국제협력공동 연구개발 프로젝트를
위한 업무협약식을 준비하고
있다.(사진=황지현 교수)



소 밸류체인 구축 사업을 추진하고 있다. 이는 보령발전본부 유희부지에 연간 25만 톤(수송용 5만 톤, 발전용 20만 톤)을 생산하는 규모로 추출 수소 생산설비, 액화플랜트, 탄소포집 설비, 수소연료전지 등 생산·유통·활용을 포함하는 종합 청정수소 생산기지 건설 사업이다.

켄텍은 지난 2022년 12월 보령시, 한국중부발전, SK E&S와 '액화수소 핵심 인프라 구축을 위한 업무협약'을 체결했다.

이를 통해 켄텍은 액화수소 연구소 설립과 액화수소 인프라 구축, 핵심 수소 기술의 공급, 수요와 연계된 R&D와 인력양성 등을 추진할 계획이다.

또한 켄텍과 보령시는 액화수소 연구소 설립 타당성 용역을 통해 2024년 12월까지 보령시 일원에 관리 운영센터, 안전관리센터, 액화수소 전문 연구기관(LAB) 등 보령시 액화수소 연구소 설립과 액화수소 핵심 인프라 구축을 추진할 예정이다.

당시 황 교수는 "수소사회 실현에 필수

적인 수소액화 기술은 안정성과 사회 수용성이 우수하나 기술 장벽이 높다는 한계가 있는데 이번 업무협약을 통해 유럽이나 미국의 일부 기업이 독점하고 있는 기술적 한계를 극복할 수 있는 계기가 될 것"이라고 말했다.

황 교수는 '보령 액화수소 연구소'에 거는 기대가 크다. "잘 구축된 인프라를 활용한 테스트베드, 시운전, 교육 등 기업의 연구에 실질적으로 도움을 줄 수 있는 연구소를 만들 계획입니다. 정말 중요한 역할이죠." 



07 ——— 황지현 한국에너지공대 교수.