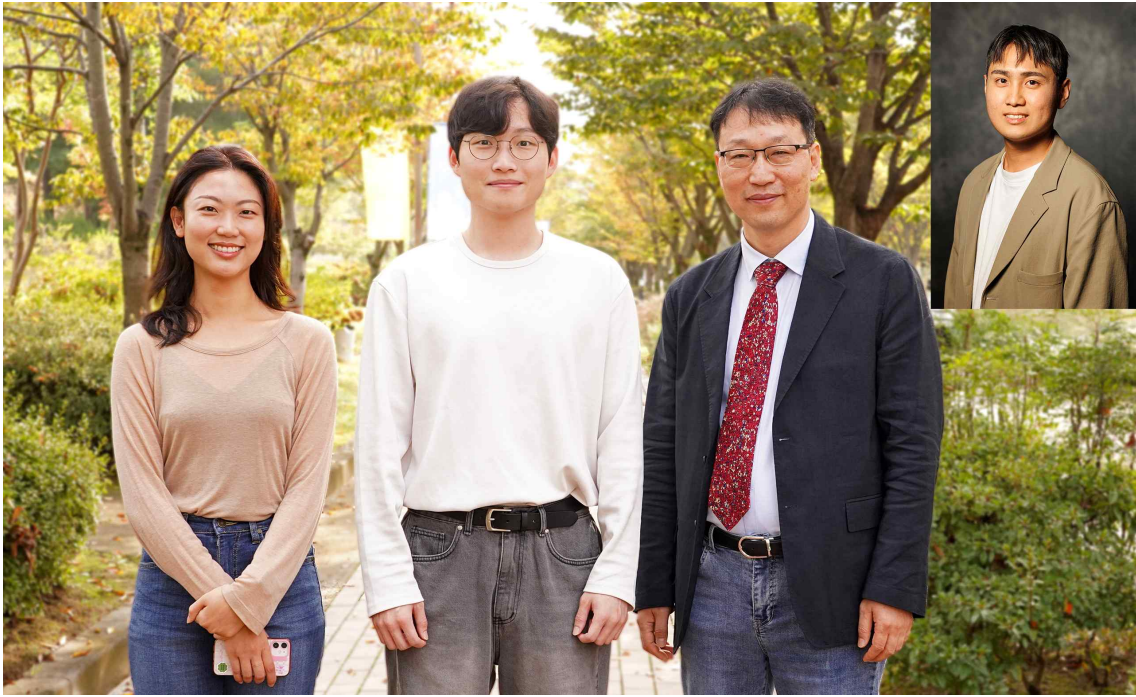


# GIST, 생산비용은 낮추고 성능·내구성은 높인 수전해 전해질 첨가제 개발

## 친환경 '초고순도 그린수소' 대량생산 기대

- 환경·에너지공학부 이재영 교수팀, 기존 상용 수전해 반응기보다 9배 높은 세계 최고 수준의 전류밀도( $9000 \text{ mA cm}^{-2}$ )에서 안정적으로 작동 가능한 전극 개발
- "수전해 기술의 성능과 내구성 문제 동시에 해결해 단위 면적당 9배 이상의 고순도 그린수소 생산으로 수소경제 앞당겨"... 《Chemical Engineering Journal》 게재

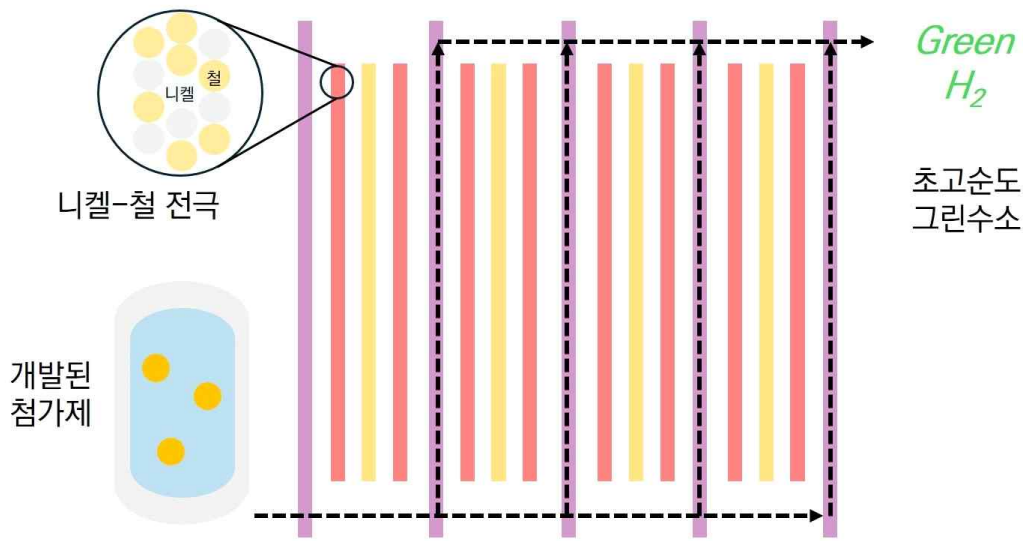


▲ (왼쪽부터) 배수안 학생(공동저자, GIST), 이동열 학생(공동저자, GIST), 이재영 교수(교신저자, GIST), 강신우 박사(제1저자, GIST)

지난 2021년 탄소중립기본법 제정을 통해 수립한 '2050 탄소중립' 목표 달성을 위해 물을 전기분해하여 수소를 얻는 수전해 기술이 주목받고 있다. 촉매를 이용한 수전해 과정에서는 산소발생 반응이 일어나면서 촉매의 활성금속이 전극에서 유실되어 전체 수전해 시스템의 효율 저하가 발생하는데 국내 연구진이 전극촉매에 최적화된 전해질 첨가제를 개발해 이 문제를 해결한 것이다.

이번에 개발된 전해질 첨가제를 사용했을 때, 기존보다 월등한 99.999% 수준의 음이온교환막 수전해에서 '초고순도 그린수소'가 생산됨에 따라 대량생산공정의 상용화를 앞당기는 데 기여할 것으로 기대된다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 환경·에너지공학부 이재영 교수(에틀(Ertl)탄소비움연구센터장) 연구팀이 철 이온 전해질 첨가제를 활용하여 음이온 교환막 수전해에서 기존 수전해 셀보다 9배 높은  $9000 \text{ mA cm}^{-2}$  운전 가능한 고내구성 니켈-철 전극 및 전해질 첨가제를 개발했다고 밝혔다.



▲ **제3세대 음이온교환막 고성능 수전해 스택**. 초고순도 그린수소를 생산할 수 있는 음이온 교환막 수전해에서 기존 사용 수전해 셀보다 9배 높은  $9000 \text{ mA cm}^{-2}$ 의 전류밀도에서 작동 가능한 고내구성 니켈-철 전극 및 전해질 첨가제가 개발되었다.

현재 수전해용 촉매로 이리듐과 루테튬이 주로 사용되고 있으나 가격이 높아 상용화에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 산소발생 반응에 사용하기 위한, 가격이 저렴하면서도 고성능·고내구성을 갖춘 비귀금속 전극촉매의 개발이 시급하다.

연구팀은 **실시간 라만 분석\***을 통해 전해질인 철(Fe)이 산소발생반응 경로를 격자산소발생반응\*으로 바꿔 **반응 속도를 향상시킨다는 사실을 확인**하였다. 또한 **유도결합플라즈마 분석\***을 통해 철이 전극에 지속적으로 재흡착되어 **활성점(촉매 반응이 일어나는 지점)의 개수를 유지**시킨다는 것도 확인했다.

수용액에 용해된 철은 전극의 산소가 산소발생반응에 참여하게 만드는데, 이것이 **격자산소발생반응을 유발하여 활성점의 시간당 산소분자의 생성속도를 늘리는 것**으로 확인됐다.

\* **실시간 라만 분석**: 분자 간 및 분자 내 진동에 대한 정보를 산출하며 전기화학반응 중에 변하는 화학 결합의 정보를 제공.

\* **격자산소발생반응**: 비귀금속 전극촉매를 구성하는 격자 내 산소원자(O)가 전기화학반응에 직접 참여하여 산소분자(O<sub>2</sub>)를 생성하는 반응.

\* **유도결합플라즈마 분석**: 유도결합플라즈마(ICP; Inductively Coupled Plasma)는 고주파 유도결합법에 의해 얻어진 고온의 열에너지를 가진 아르곤 플라즈마이며, 이 플라즈마 중에 검액을 분무하면 검액 중에 함유된 원자가 들뜬 상태가 되며 이때 발생하는 원자발광 스펙트럼의 파장 및 강도를 측정하여 원소를 동정하거나 정량분석을 하는 방법.

연구팀은 고전류에 의한 부분 전해 용출이 격자산소 근처에 있는 철의 용출을 가속화시키지만, 동시에 수용액 속에 있는 철이 전극에 재흡착되는 원리를 통해 **기존 상용 수전해 셀에 비해 9배 높은  $9000 \text{ mA cm}^{-2}$ 의 전류밀도에서 작동 가능한 표준 크기( $9.0 \text{ cm}^2$ )의 전극을 개발**하였다.

\* 격자산소: 금속산화물 전극촉매에서 금속과 직접 결합하고 있는 산소원자(O).

연구팀은 이 전극이  $512 \text{ cm}^2$ 의 프로토타입 스택에 적용 가능하다는 것을 증명하고, 수전해 전극의 핵심 요소로 500시간 동안 안정적으로 작용하는 것을 확인하였다.

이재영 교수는 "이번 연구 결과는 단위 면적당 9배 이상의 고순도 그린수소를 생산할 수 있는 전해질을 설계함으로써 수전해 기술의 성능과 내구성 문제를 동시에 해결했다는 데 의의가 있다"면서 "특히 탄소중립 시대에 걸맞은 친환경 연구 성과로서 막전극접합체(MEA: Membrane Electrode Assembly) 전문 실증(PoC) 기업인 (주)이써스(www.esus.co.kr)와 함께 상용화를 모색할 계획"이라고 밝혔다.

GIST 환경·에너지공학부 이재영 교수(교신저자)와 강신우 박사(제1저자)가 주도한 이번 연구는 과학기술정보통신부 산하 한국연구재단(NRF)이 지원하는 해외우수연구기관 공동연구사업과 국가 수소 중점연구실사업의 지원으로 수행되었으며, 화학공학 분야의 세계적 학술지 《케미컬 엔지니어링 저널(Chemical Engineering Journal)》에 2024년 10월 5일 온라인 게재되었다.

## 논문 및 저자 정보

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Chemical Engineering Journal (2023년 기준 영향력 지수 13.3)
- 논문명 : Continuous Lattice Oxygen Participation of NiFe Stack Anode for Sustainable Water Splitting
- 저자 정보 : 강신우 박사(GIST, 제1저자), 이동열(GIST, 공동저자), 김영인(GIST, 공동저자), 배수안 박사(GIST, 공동저자), 이재영 교수(GIST, 교신저자)