

친환경 '그린수소' 위한 비귀금속 촉매 내구성 높였다! 韓·獨 공동연구팀, 수명 70배 향상된 수전해 촉매 개발

- 100시간 동안 시간당 126L의 수소 발생, 수전해 전극 핵심 부품으로 안정적인 사용 가능
- 지구환경공학부 이재영 교수팀 화학 분야 세계적 학술지 「앙케반테 케미」표지논문 게재



▲ (왼쪽 상단부터) Timo Jacob 교수 (공동저자, 울름대), 임창빈 (공동저자, 울름대), Ioannis Spanos 박사 (공동저자, 막스플랑크연구소), 강신우 (제1저자, 지스트), 임아연 (공동저자, 막스플랑크연구소), 함가현 (공동저자, 지스트), 이재영 교수 (교신저자, 지스트)

한국과 독일의 공동연구팀이 물을 전기분해해 수소를 얻는 수전해 과정에 필요한 비귀금속 촉매의 수명을 70배 향상시키는 데 성공해, 물 분해 '그린수소'의 생산공정 상용화를 앞당기는 데 기여할 것으로 기대된다.

탄소중립사회로 진입하기 위한 기술로서 물을 전기분해 해 수소를 얻는 수전해 기술이 주목받고 있는데, 촉매를 이용한 수전해 과정에서는 산소발생 반응이 일어나면서 촉매의 활성금속이 전극에서 유실되어 전체 수전해 시스템의 효율이 저하된다.

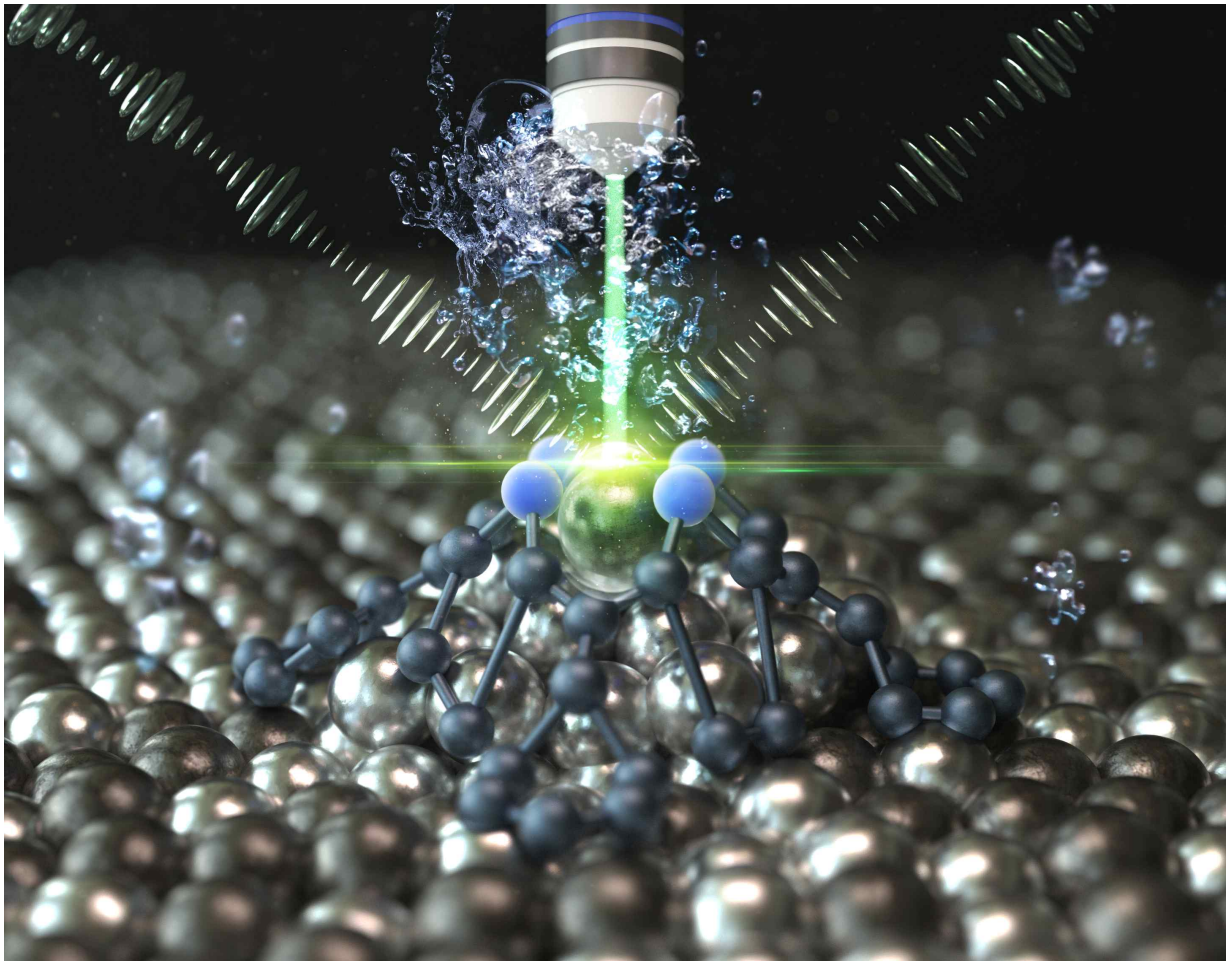
이리듐(Ir)과 루테튬(Ru)이 가장 적합한 촉매로 평가받고 있으나 귀금속 촉매로서 가격이 비싸 상용화에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 산소발생 반응에 사용하기 위한 고성능 및 고내구성의 비귀금속 촉매를 개발하는 것이 중요하다.

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 지구·환경공학부 이재영 교수(에틀(Ertl) 촉매 연구센터) 연구팀은 독일 막스플랑크 화학에너지전환연구소(MPI CEC) 로버트 슐레겔 교수, 독일 울름(Ulm) 대학 티모 야콥 교수 등 독일 연구진과 함께 내구성이 향상된 니켈-철 기반 비귀금속 수전해 촉매를 개발했다.

연구팀은 **실시간 금속 용출 분석***을 통해 철의 탈출이 니켈-철 촉매의 주된 열화기작임을 확인했으며, 테트라페닐포르피린(TPP, 이하 포르피린 보호막)으로 이루어진 보호막을 도포하여 철의 흘러나움을 최소화하였다. **분자동역학*** 모사에 기반하여 보호막과 유실되어 철의 극성 차이로 인해 강화막이 형성됨을 발견했다.

* **실시간 금속 용출 분석**: 전위 하에 촉매를 이루고 있는 금속의 용출 양을 실시간으로 정량할 수 있는 분석기법.

* **분자동역학**: 분자의 움직임을 컴퓨터를 통해 기술하는 것. 분자들이 일정 기간 상호작용하게 하고 그 결과로 나타나는 움직임을 수치 계산하여 예측.



▲ 시간당 126 L의 그린수소를 100 시간 이상 안정적으로 발생시키는 수전해 셀의 고내구성 니켈-철 산화극 촉매가 개발되었다. 철 유실이 주된 성능저하원인임을 밝혀냈고, 이를 늦추기 위해 무극성 보호막(TPP) 층이 적용되었다. 보호막의 역할을 실시간 금속 정량 분석과 분자동역학 모사를 통해 증명하였다.

수용액 상에 유실되어 나온 철은 곧바로 물과 상호작용하여 수화(hydration)된다. 반면에 무극성을 띄고 있는 **포르피린 보호막은 용출된 철이 전극계면에서의 완전한 이탈을 막는 완충 역할**을 하는 것으로 확인됐다.

이는 **기존 촉매에 비해 70배 정도의 수명 향상**을 야기하는 것으로 **100시간 동안 시간당 126 L의 수소를 발생**시키는 안정적인 수전해 전극의 핵심 부품으로 작용하는 것을 확인했다.

이재영 교수는 "이번 연구 성과는 수소발생을 위한 수전해 촉매 설계에 있어 내구성 문제를 해결하는 새로운 방향을 제시할 것으로 기대된다"고 말했다.

지스트 지구·환경공학부 이재영 교수(교신저자) 및 강신우 박사과정생(제1저자)이 2곳의 독일 연구진과 함께 진행한 이번 연구는 과학기술정보통신부 산하 한국연구재단(NRF)이 지원하는 해외우수연구기관 공동연구사업의 지원으로 수행되었고, 화학 분야의 세계적인 학술지인 앙게반테케미 Angewandte Chemie-International Edition 10월 23일자 온라인 게재되었으며 탁월성을 인정받아 앞표지논문(Front Cover Article) 으로 선정되었다.

용 어 설 명

1. Angewandte Chemie-International Edition

- 화학 분야의 세계적 권위를 가진 국제학술지 (2021년 기준 영향력 지수 16.823) CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY (12/224): 8.10%, 상위 10% 이내 저널

2. 전기화학적 산소 발생 반응

- 그린수소 발생 위한 수전해 산화극에서 일어나는 반응이다. 이 반응은 연료전지 전체시스템의 속도결정단계에 해당하기 때문에 이를 개선시키는 전기화학 촉매 연구는 매우 중요하다.

3. 그린수소

- 그린수소는 태양광이나 풍력 등 재생에너지에서 나온 전기로 물을 전기분해하여 생산한 수소로 생산 과정에서 이산화탄소의 배출이 없다.

논문 및 저자 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Angewandte Chemie-International Edition (2021년 기준 영향력 지수 16.823)
- 논문명 : Durable Nickel-Iron (Oxy)hydroxide Oxygen Evolution Electrocatalysts through Surface Functionalization with Tetraphenylporphyrin
- 저자 정보 : 강신우(지스트, 제1저자), 임창빈(울림대, 공동저자), Ioannis Spanos 박사(막스플랑크연구소, 공동저자), 함가현(지스트, 공동저자), 임아연(막스플랑크연구소, 공동저자), Timo Jacob 교수(울림대, 공동저자), Robert Schlögl 교수(막스플랑크연구소, 공동저자), 이재영 교수(지스트, 교신저자)