

'청정수소' 생산가격 낮출 새로운 촉매 개발

- 이재영 교수팀 등, 전도성 탄소 도입한 망간 기반 촉매 활용 수전해 성능 향상
- Journal of Energy Chemistry 게재, "저비용 친환경 수소 생산 기여 기대"



▲ (왼쪽부터) 인하대학교 이기영 교수, 지스트 함가현 박사, 인하대학교 이재원 박사과정생, 지스트 이재영 교수
국내 연구진이 물을 전기분해해 고순도의 '수소'를 생산(수전해)하는 비용을 낮출 수 있는 망간 기반의 새로운 촉매를 개발했다.

기존의 값비싼 귀금속 촉매를 대체할 경우 친환경 수소를 저비용으로 생산할 수 있어 수소 시대를 앞당기는 데 기여할 것으로 기대된다.

'수전해' 방식은 온실가스를 배출하지 않는 친환경적인 수소 생산 방법이지만, 고가의 전력비용이 실용화의 걸림돌이 되고 있다. 수소를 보다 폭넓고 다양하게 활용하기 위해서는 생산단가를 대폭 낮춰야 하며, 따라서 적은 에너지로 수소를 생산할 수 있는 고성능 촉매 개발이 요구된다.

이리듐, 루테튬과 같은 귀금속은 산소발생 반응을 일으키기 위한 우수한 촉매로 수전해에 주로 사용되고 있지만, 가격이 비싸다는 단점이 있다. 따라서 가격이 저렴하고 우수한 전이금속 기반(니켈, 코발트, 철)의 수소-산소 발생 촉매의 개발이 중요하다.

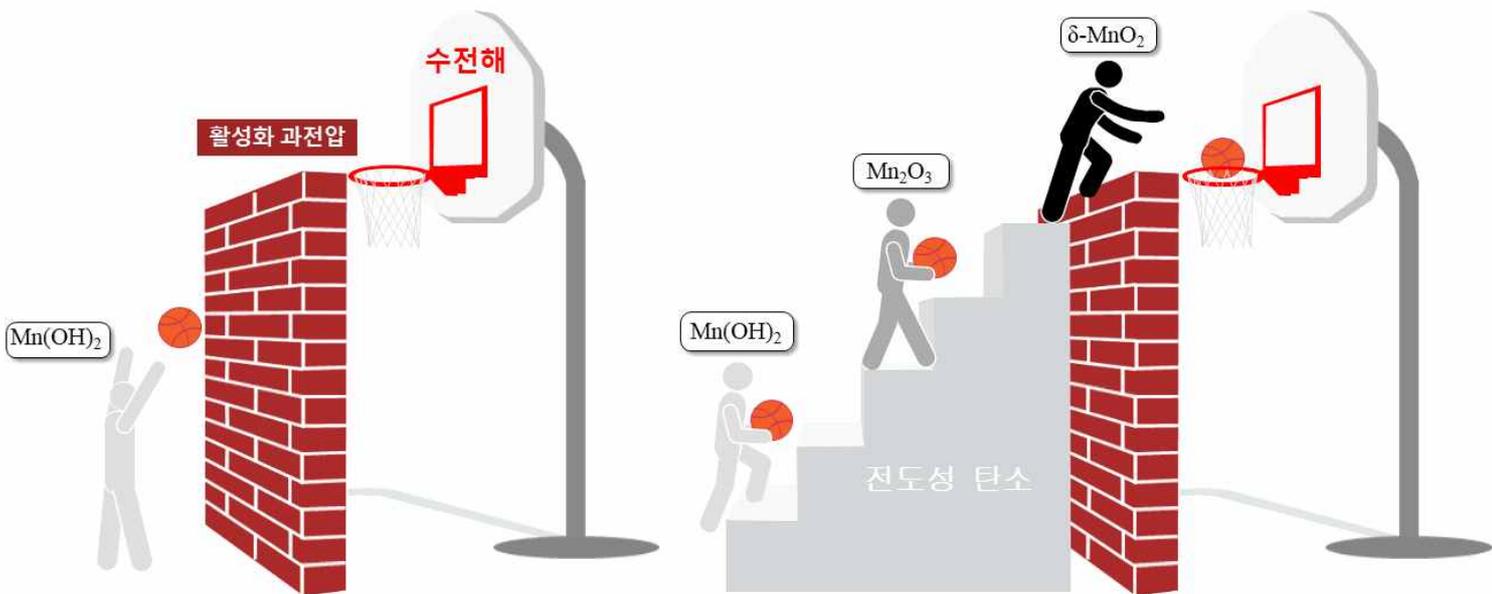
지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 지구·환경공학부 이재영 교수 연구팀은 인하대학교 화학공학과 이기영 교수 연구팀과 공동으로 수행한 연구에서, 전도성 탄소와 혼합된 망간 기반 촉매를 활용해 촉매의 전기 전도도를 조절함으로써 수전해 성능을 향상시키는 데 성공했다.

망간 기반의 금속 산화물은 자연계에 존재하는 대표적인 물분해 반응 촉매로, 구조적인 다양성, 풍부한 매장량, 무독성 등의 특징을 지녀 수전해 촉매로 활용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다.

기존 망간 산화물은 일반적으로는 전기전도성이 낮고 특정 구조($\delta\text{-MnO}_2$)에서만 산소발생 반응이 잘 일어난다고 알려져 있는데, 이 특정 구조의 형성을 위해서는 산소발생 반응 중 망간 산화물의 완전한 산화가 필수적이며 이를 위해서는 충분한 전기전도성이 필요하다.

연구진은 전기전도성 확보를 위해 흑연화된 전도성 탄소를 촉매층에 도입하고, 반복적인 전기화학적 활성화법으로 촉매층의 산소발생 반응 성능을 향상시켰다.

그 결과 산소발생 반응 활성이 15배 이상 증대되었고, 개발된 촉매의 상업적인 활용 가능성을 판단하기 위해 제3세대 음이온 교환막 수전해법에 적용하였을 경우, 기존 촉매 대비 400% 높은 전류밀도에서 수소 생산이 가능한 것을 확인하였다.



▲ 전도성 탄소 도입을 통해 $\delta\text{-MnO}_2$ 를 형성하고 활성화 과전압을 극복한다는 의미의 개념도

지스트 이재영 교수는 "저렴한 망간 산화물을 활용하여 촉매 활성점을 증대시켜 수전해 성능을 향상시킬 수 있는 촉매를 개발할 수 있었다"면서 "특히 최근 니켈의 가격상승으로 인해 대체 전이금속 기반의 전극촉매 개발이 시급한 상황에서 이번 연구성과의 의미가 크다"고 강조했다.

인하대 이기영 교수는 "이 촉매 기술은 망간 산화물을 수전해 촉매로 상용화하기 위한 원천기술을 확보했다는 데 의의가 있다"며 "양극산화 기술을 통해 생성된 망간 산화물은 저비용 친환경 수소 생산에 기여할 것으로 기대한다"고 말했다.

지스트 지구·환경공학부 이재영 교수(교신저자)와 인하대학교 화학공학과 이기영 교수(공동 교신저자)가 주도하고 함가현 박사(제1저자)와 이재원 박사과정 학생(공동 제1저자)이 수행한 이번 연구는 한국연구재단 및 한국에너지기술평가원의 지원을 받았으며, 응용화학 분야의 국제학술지인 Journal of Energy Chemistry에 2022년 4월 25일 온라인 게재되었다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Journal of Energy Chemistry, IF: 9.676 (JCR 2021)
- 논문명 : Boosting the oxygen evolution reaction performance of wrinkled $Mn(OH)_2$ via conductive activation with a carbon binder
- 주요 저자 정보 : 함가현(제1저자, 지스트), 이재원(공동 제1저자, 인하대학교), 이기영(교신저자, 인하대학교), 이재영(교신저자, 지스트)

용어 설명

1. 양극산화

- 금속을 양극에 연결한 뒤 전해질에서 전류를 인가하여 인위적으로 금속 표면에 금속 산화물을 성장시키는 기술로써 전류, 전압, 온도, 시간, 전해질 농도 등의 매개 변수를 조절하여 다양한 표면 구조를 얻을 수 있다.

2. 순환전압전류법 (Cyclic voltammetry, CV)

- 전압을 변화시키면서 전류를 측정하는 전기화학적 분석법. 작업 전극의 전압을 변화시켜 전극의 표면에서 어떠한 반응이 언제 일어나는지 확인할 수 있으며 산화-환원 반응, 흡착, 분극 현상 등을 파악할 수 있다.

3. 음이온 교환막 수전해 (Anion Exchange Membrane Water Electrolysis)

- 수전해 시스템 중 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane)을 사용하여 수전해를 수행하는 장치. OH^- 이온의 이동을 통해 전기화학 반응이 진행되기 때문에 H^+ 가 이동하여 강한 산성 분위기에서 진행되는 양이온 교환막 수전해 (Proton Exchange Membrane Water Electrolysis)에 비해 부식이 적기 때문에 귀금속 촉매를 사용할 필요가 없으므로 상대적으로 저렴한 비용으로 시스템을 설계할 수 있으며 PEMWE와 마찬가지로 고체 고분자 전해질을 사용하기 때문에 높은 전류밀도를 달성할 수 있는 장점을 가진다.