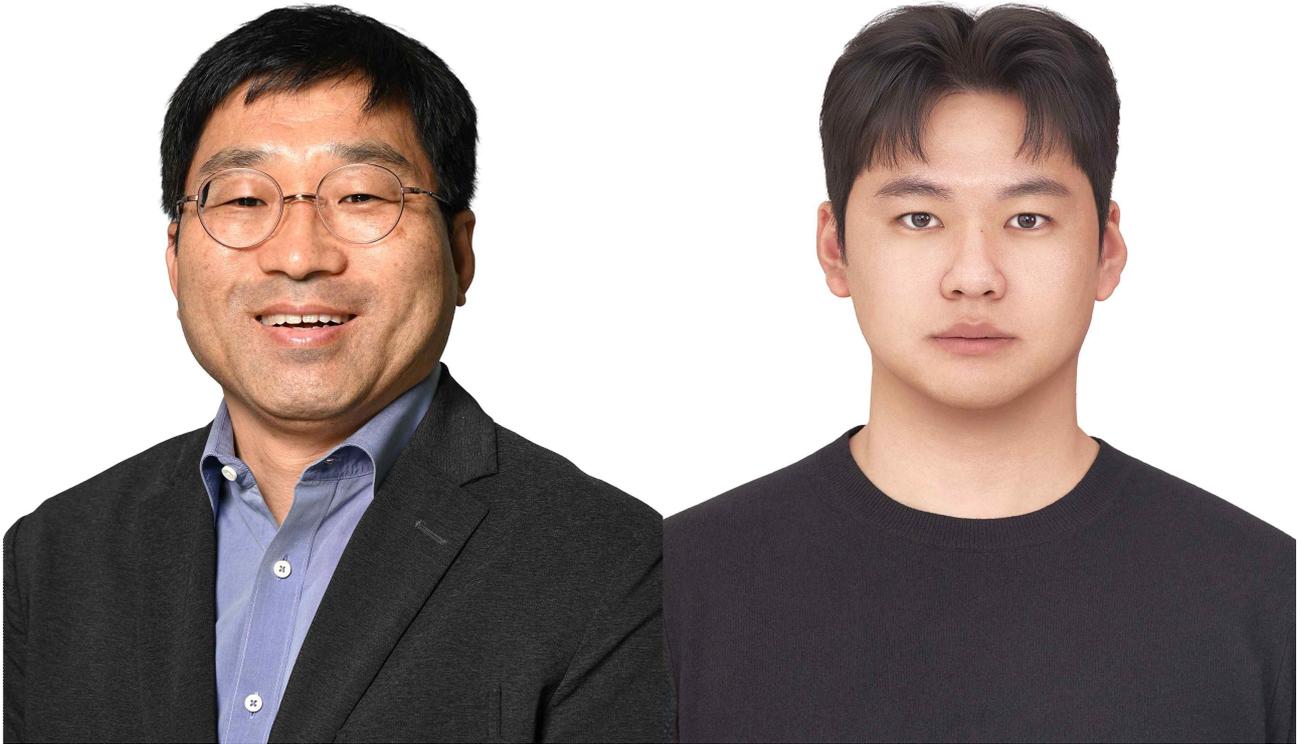


# GIST, 희귀 금속 이리듐 80% 줄이고도 1,000시간 버티는 수소 생산 전극 개발

- 화학과 박찬호 교수팀, 고가 촉매 이리듐 사용량 대폭 절감하면서도 성능-내구성 동시 확보
- 차세대 그린수소 생산 핵심 기술 'PEM 수전해' 상용화 가능성 제시
- 국제학술지《Advanced Science》게재



▲ (왼쪽부터) GIST 화학과 박찬호 교수, 양호성 석사

광주과학기술원(GIST·지스트, 총장 임기철)은 화학과 박찬호 교수 연구팀이 수소 생산에 필요한 핵심 금속인 이리듐(Ir)의 사용량을 크게 줄이면서도, 안정적으로 작동하는 촉매와 이를 적용한 고성능 전극을 개발했다고 밝혔다.

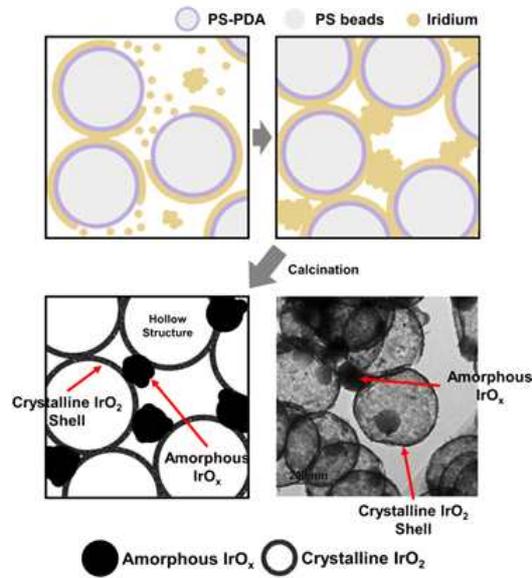
수소를 생산하는 대표적인 친환경 기술인 '수전해'는 물을 전기로 분해해 수소(H<sub>2</sub>)와 산소(O<sub>2</sub>)로 나누는 방식으로, 탄소 배출이 거의 없어 차세대 에너지 기술로 주목받고 있다.

이 과정에서 이리듐은 물에서 산소를 만들어내는 반응을 촉진하는 핵심 촉매로 사용되지만, 가격이 비싸고 희귀해 성능과 수명을 동시에 확보하기 어렵다(활성-내구성 상충 관계, Activity–Durability Trade-off\*).

\* **활성-내구성 상충 관계(Activity–Durability Trade-off)**: 촉매에서 반응 속도(활성)를 높이면 구조가 쉽게 열화되어 수명이 감소하고, 반대로 내구성을 높이면 반응성이 떨어지는 현상을 의미한다. 이는 고성능 촉매 설계에서 성능과 안정성을 동시에 만족시키기 어려운 근본적인 한계로 작용한다.

연구팀은 단단하고 규칙적인 '결정형 구조(crystalline)'와 유연하고 불규칙한 '비정질 구조(amorphous)'를 동시에 갖는 '이중상' 이리듐 산화물 촉매를 개발했다.

특히 속이 빈 공 모양의 결정 구조 사이를 비정질 구조가 메우는 형태로 설계해, 전자가 통과할 수 있는 연속적인 경로를 확보했다.



▲ 두 가지 결정 구조가 존재하는 이리듐 산화물이 형성되는 과정도. 구형 틀(템플릿)을 이용해 결정 구조와 비정형 구조가 공존하는 이리듐 산화물이 만들어지는 합성 과정을 보여준다. 열처리 과정에서 구조가 재배열되며 내부가 빈 나노 구조가 형성되는데, 반응 면적을 넓히고 전자가 잘 이동하는 경로를 확보해 성능을 높였다.

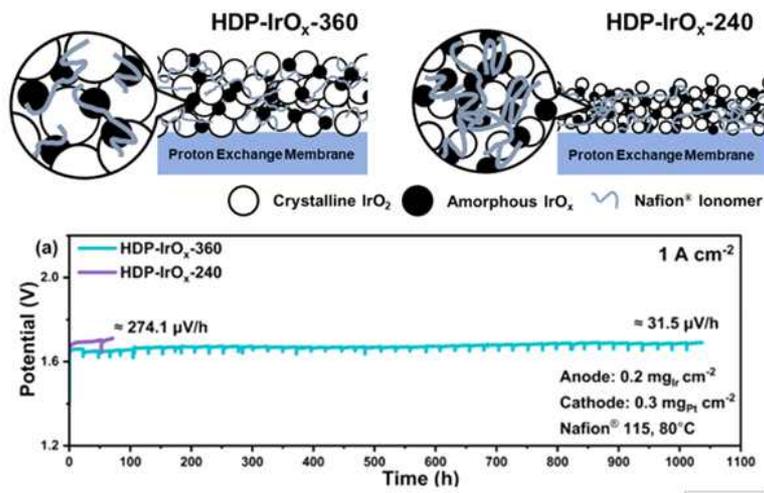
비정질 구조는 촉매 반응이 일어나는 자리를 많이 제공해 반응성을 높이고, 결정 구조는 전도성 경로와 구조적 지지 역할을 담당한다. 이처럼 서로 다른 두 구조가 하나의 촉매 안에서 함께 작용하는 '이중상(dual-phase)' 설계를 통해 활성과 안정성을 동시에 확보한 것이다.

연구팀은 개발한 촉매를 실제 수소 생산 장치의 핵심 부품인 '수전해 단전지 (Membrane Electrode Assembly, MEA)'에 적용해 성능을 검증했다.

가로·세로 1 cm 면적에서 산업 현장 수준의 높은 전류(1A(암페어))를 지속적으로 흘려보내며 1,000시간 이상 물 분해 실험을 진행한 결과, 성능 저하 없이 안정적으로 수소를 생산하는 것을 확인했다.

특히 1,000시간 이상의 연속 가동에도 전압 상승폭이 시간당 31.5 마이크로볼트( $\mu$ V)에 불과해, 사실상 변화가 거의 없는 수준으로 초기 작동 시와 유사한 효율을 유지하는 뛰어난 내구성을 입증했다.

이번 연구는 고가의 희귀 금속인 이리듐의 사용량을 기존 상용 단전지 대비 80% 이상 줄이면서도 장시간 안정적으로 작동하는 수전해 단전지를 구현했다는 점에서, 차세대 그린수소 생산 기술인 고분자 전해질막(PEM) 수전해의 상용화 가능성을 높였다는 데 의미가 있다.



▲ 서로 다른 구조를 가진 이리듐 산화물 전극의 구조와 장기 구동 성능 비교. 수전해 장치(MEA) 내 이리듐 산화물 촉매의 구조를 비교한 결과, HDP-IrOx-360 모델은 반응 통로가 고르게 형성되어 수소 생산 효율이 높고 내구성도 우수하였다.

GIST 화학과 박찬호 교수는 "이리듐 사용량을 최소화하면서도 장시간 안정적으로 작동하는 전극을 구현하고, 단전지 기준 1,000시간 이상의 운전 성능을 확보했다는 점에서 의미가 크다"며 "고분자 전해질막(PEM) 수전해 장치의 비용을 낮추고 대규모 그린수소 생산을 앞당기는 데 기여할 것"이라고 밝혔다.

GIST 화학과 박찬호 교수가 주도하고 양호성 석사가 제1저자로 참여한 이번 연구는 과학기술정보통신부·한국연구재단 그린수소 기술자립 프로젝트의 지원을 받았다.

연구 결과는 국제학술지 《Advanced Science》에 2026년 3월 10일 온라인으로 게재됐다.

한편 GIST는 이번 연구 성과가 학술적 의의와 함께 산업적 응용 가능성까지 고려한 것으로, 기술이전 관련 협의는 기술사업화센터(hgmoon@gist.ac.kr)를 통해 진행할 수 있다고 밝혔다. <끝>

## 논문의 주요 정보

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Advanced Science (IF=14.1, 2024년 기준)
- 논문명 : Highly Robust Membrane Electrode Assembly Using Engineered Dual-Phase Iridium Oxide Catalysts Breaking the Activity–Durability Trade-Off in Proton Exchange Membrane Water Electrolysis
- 저자 정보 : 양호성 (제1저자, GIST), 김송균 (공동저자, GIST), 신루빈 (공동저자, GIST), 조영인 (공동저자, GIST), 박찬호 (교신저자, GIST)