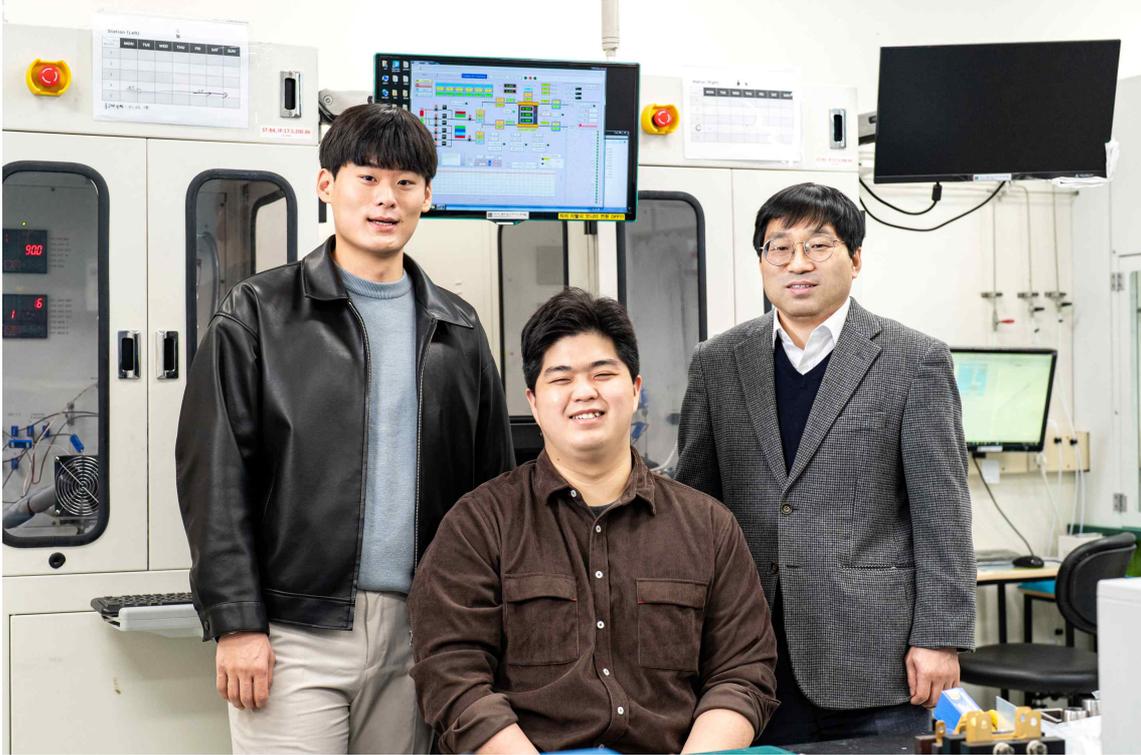


# 저가형 차세대 연료전지 촉매 개발

- 수소연료전지 단가 절감 및 상용화에 기여

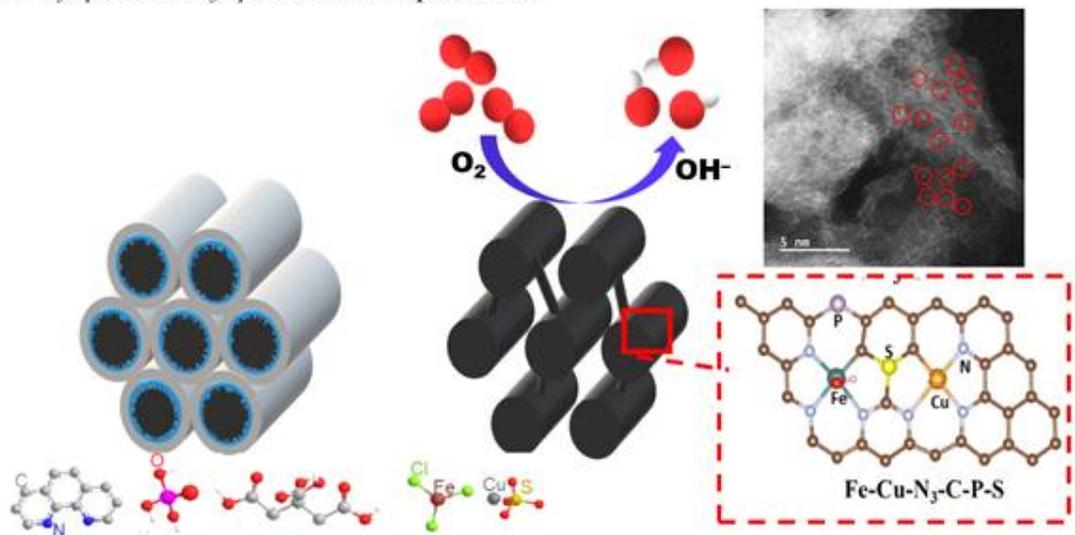


▲ (왼쪽부터) 한성훈 석사과정생, 김종경 석박통합과정생, 박찬호 교수

음이온 교환막 연료전지 가격을 절감하면서 안정성은 높일 수 있는 비귀금속 촉매가 국내 연구진에 의해 개발됐다.

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 에너지융합대학원 박찬호 교수 연구팀은 백금보다 저렴한 비귀금속 산소 환원 반응 촉매에 이종원소를 도입하여 촉매 활성을 향상시켰다.

*Fe-N<sub>3</sub>C<sub>1</sub> and Cu-N<sub>3</sub>C<sub>1</sub> anchored N-doped carbon*



▲ 철, 구리, 질소, 황 및 인을 포함하는 비귀금속 촉매의 구조를 표현: 촉매 활성점의 산화 및 에너지 상태를 조절함으로써 산소 환원 반응 속도를 향상시킴.

백금은 높은 활성과 내구성으로 산소 환원 반응 촉매로 선호되었으나 희소성과 높은 원가로 인해 백금을 대체할 활성이 높으며 단가 대비 효율성이 높은 촉매가 필요하다. 특히 차세대 저가 연료전지로 개발 중인 음이온 교환막 연료전지는 최근 음이온 교환막의 급격한 발전으로 이에 대응할 수 있는 저가 촉매의 개발이 요구되고 있다.

기존 연구는 비귀금속 촉매에 코발트와 같은 비교적 값비싼 전이금속을 추가하여 성능을 개선해왔으나 이번 연구에서는 값싼 철이 주성분인 비귀금속 촉매에 이중 원소\*를 도입하여 촉매 제조 단가를 크게 높이지 않는 동시에 최적화된 촉매 활성을 확보하고 이중(Dual) 촉매 활성점을 제안했다.

\* **이중원소**: 탄소, 수소를 제외한 다른 원소

또한 이 촉매를 한국에너지기술연구원 배병찬 박사 연구팀과 협력하여 전극으로 구현하여 단위전지 성능을 평가했다.

연구팀은 반쪽 전지 시험 결과, 염기성 조건에서 백금보다 성능이 뛰어난 비귀금속 촉매를 제시했다. 본 촉매는 철, 구리, 황, 인, 질소 전구체\*를 규칙적 중형 다공성 실리카\*\*에 담지한 후 탄화\*\*\*하는 나노주형법\*\*\*\*으로 제조했다. 철의 에너지 상태를 구리, 황, 인 및 질소로 조절한 산소환원반응 촉매로 백금 대비 우수한 성능을 나타냄을 확인했다.

\* **전구체**: 특정 원소를 가지고 있는 화합물

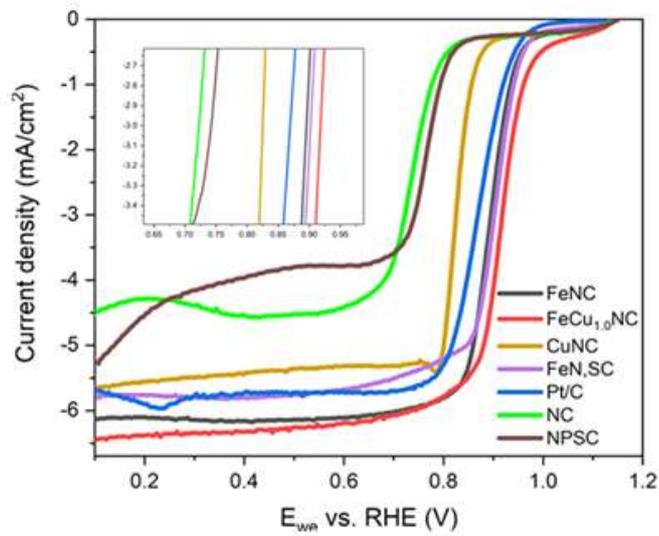
\*\* **규칙적 중형 다공성 실리카** : 동일한 크기의 중형 기공만으로 구성된 실리콘 산화물

\*\*\* **탄화**: 유기물을 고온에서 가열하여 열분해시킴으로써 탄소가 풍부한 물질을 제조하는 방법

\*\*\*\* **나노주형법**: 기공을 가지고 있는 단단한 금속산화물을 주형틀로 사용하여 기공 안에 제조할 소재의 전구체를 넣고 다양한 방법으로 고체화시킨 후에 주형틀만 선택적으로 제거하여 그 역상의 다공성 소재를 제조하는 방법

연구팀은 철과 구리의 비율과 이중 원소의 유무 등을 바꾸어 촉매 활성과 구조를 분석하였으며 이러한 결과를 미국 조지아공대의 장승순 교수 연구팀의 도움을 받아 계산 화학으로 비귀금속 촉매에 구리를 도입하였을 때 촉매 활성이 향상되는 원인을 규명했다.

이중 원소 도입에 따라 철의 산화 상태가 변화하여 산소 환원 반응 중 반응 중간체의 흡착 상태를 변화시킴으로써 반응 속도가 향상됨을 확인했다. 또한 철이 구리보다 많이 들어가면 쉽게 뭉치고 구리가 더 많이 들어가면 촉매 활성점의 수가 부족하여 철과 구리의 비율이 1:1일 때 가장 높은 활성을 지니는 것을 실험으로 입증했다.



▲ 산소환원반응 반쪽 전지 테스트 결과: 철과 구리의 비율이 1:1인 경우 가장 높은 활성을 보이는 것으로 확인.

박찬호 교수는 “이번 연구는 차세대 음이온 교환막 연료전지에 적용되는 비귀금속 촉매를 개발했다는 데 의의가 있다”면서 “향후 촉매 개발의 방향성을 제시했을 뿐 아니라 전극 최적화를 진행하면 음이온 교환막 연료전지 가격 절감에 기여할 것으로 기대한다”고 말했다.

지스트 박찬호 교수가 주도하고 김종경 석박사통합과정생과 한성훈 석사과정생이 참여한 이번 연구는 한국연구재단 기후변화대응기술개발사업 및 지스트 GRI(GIST 연구원) 사업의 지원으로 수행되었으며, 연구 결과는 에너지 및 연료 분야의 국제 저명 학술지인 'Journal of Materials Chemistry A'에 2월 7일 온라인 게재됐다.

## 논문의 주요 내용

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Journal of Materials Chemistry A\* (Impact Factor : 12.732)  
\* 에너지 및 연료 분야의 저명한 국제 학술지로 상위 10% 이내 (6.6%) 학술지
- 논문명 : Boosting activity toward oxygen reduction reaction of a mesoporous FeCuNC catalyst via heteroatom doping-induced electronic state modulation
- 저자 정보 : 김종경(제1저자, 지스트), 조진원(공동저자, 조지아 공대), 한성훈(공동저자, 지스트), 이혜진(공동저자, 한국에너지기술연구원), 육은성(공동저자, 한국에너지기술연구원), 배병찬(공동저자, 한국에너지기술연구원), 장승순(공동저자, 조지아 공대), 박찬호(교신저자, 지스트)