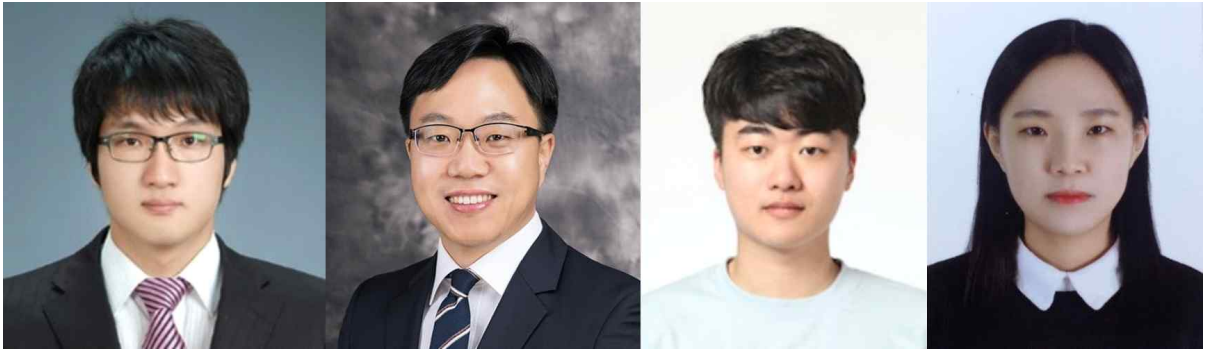


저렴한 금속 촉매의 수소발생량 백금 수준으로 늘린다!

- 기존의 니켈 화합물 촉매를 간단한 표면처리법으로 백금과 인접한 효율 달성
- 신소재공학부 엄광섭·이주형 교수 연구팀, 화학공학 분야 저명 학술지 논문 게재



▲ (왼쪽부터) 엄광섭 교수, 이주형 교수, 조승현 박사과정생, 강별 박사과정생

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 연구진이 **전기화학적 표면처리를 통해 니켈 기반 화합물 촉매의 수소 발생 효율을 기존 대비 40% 이상 향상시켰다.**

'수소 발생 효율'은 발생한 수소 연료의 부피 당 필요한 전력소모량을 결정하는데, 이번 연구에서 개발된 촉매를 수전해에 활용하면 **수소 연료 생산 시 전력 소모량을 약 30% 감소시켜 수소 연료 가격을 낮추는 데 기여할 것으로 기대된다.**

'수전해'는 양극에 수소 발생 촉매와 산소 발생 촉매를 사용해 전위차를 발생시켜 물로부터 각각 수소 기체와 산소 기체를 발생시키는 장치로, 수소 연료 발생 과정에 있어 이산화탄소 등 온실가스를 발생시키지 않아 **친환경 수소 연료 생산을 위한 핵심기술로 주목받고 있다.**

현재 수소 발생 촉매로 활용되는 대부분의 물질은 백금을 비롯한 귀금속 촉매인데, 이러한 귀금속 촉매들은 **가격이 높아 수소 연료의 가격을 높이는 주요한 원인**이 되기 때문에 **니켈, 코발트, 철 등의 비(非)귀금속 촉매를 개발하는 연구들이 많이** 진행되고 있다.

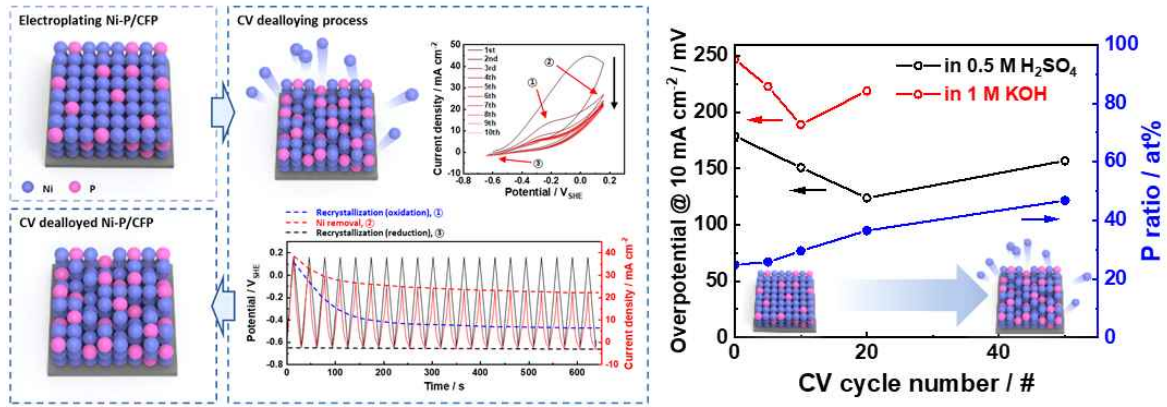
하지만 비귀금속 촉매는 **백금 대비 효율이 낮아 많은 전력이 필요**하고, 이는 수소 연료의 가격을 높이기 때문에 **비귀금속 촉매의 수소 발생 반응 속도를 높이기 위한 연구가 필요하다.**

신소재공학부 엄광섭, 이주형 교수 공동연구팀은 **니켈 화합물의 전기화학적 표면처리법을 통해 수소 발생 반응에 적합한 구조를 형성해 기존 비귀금속 촉매 대비 수소 발생 효율을 약 44% 높일 수 있는 촉매를 개발했다.**

니켈 화합물 촉매 소재는 니켈과 첨가물 사이의 조성과 구조가 정형화된다는 특징으로 인해 **수소 발생 반응에 최적화된 조건을 맞추기 어렵다**는 단점이 있다.

이를 해결하기 위해 연구팀은 전기화학적 공정을 통해 실제 촉매 반응이 일어나는 표면의 조성과 결정구조를 변형시켜 수소 발생 반응 속도가 가장 빨라지는 조건을 형성했다.

해당 표면처리법은 전해질의 산도(酸度, 산성의 세기), 이온 농도 등에 따라 전기화학적 공정의 조건을 유연하게 변형시켜 활용할 수 있기 때문에 활용도가 높다는 특징이 있다.



▲ 니켈 화합물 촉매의 표면처리 과정을 나타낸 모식도와 표면처리 정도에 따른 촉매 활성도 비교.

모식도는 제작된 니켈 인화물 촉매의 표면처리 과정 및 표면처리 이후 니켈 인화물의 크게 향상된 전기화학 성능을 보여준다. 개발된 니켈 인화물 촉매 소재는 전해질의 산성도 조건에 따라서 다른 수소 발생 메커니즘을 가지고 있기 때문에 산성도에 따라 적합한 구조를 가질 수 있도록 표면처리의 반복 횟수가 조절되었다. 그 결과 표면에서 니켈 대비 인의 비율이 상승하고 결정구조가 변화되었으며 이러한 변화는 촉매의 표면 위에 수소 양이온의 흡착과 탈착 반응 속도 사이의 균형을 맞춰 수소 발생 반응이 빠르게 일어날 수 있도록 한다.

연구팀은 컴퓨터 계산을 통해 전해질의 산도에 따른 반응 과정의 변화와 속도에 영향을 주는 요인들을 분석했다.

위 분석을 토대로 표면처리법의 조건을 변형시키며 산성, 염기성 조건에서 니켈 화합물 촉매의 수소 발생 반응을 분석한 결과, 기존의 니켈 화합물 대비 각각 1.44와 1.30배의 효율을 보였다.

표면 처리된 니켈 화합물의 수소 발생 효율은 백금촉매와 비교했을 때 약 77%의 수준으로, 비용을 고려했을 때 백금 촉매의 대체제로 충분히 활용 가능할 것으로 보인다.

또한 연구팀은 개발된 니켈 화합물 촉매의 내구성을 향상시키는 데 성공했다. 연구팀에서 개발한 표면처리 결과 촉매의 부식성이 감소하는 효과가 있어 강산(強酸) 용액 내에서 기존의 니켈 화합물 촉매 대비 8배로 긴 수명을 확인했다.

니켈을 비롯한 전이금속들은 산성 용액에서 수소 발생 반응과 동시에 부식반응이 일어나 촉매의 수명을 단축시켜 산성 조건의 수전해에서 상용화되지 못하고 있다.

표면 처리된 니켈 화합물은 니켈과 첨가물 사이의 결합이 강화되어 상대적으로 안정한 구조를 갖게 되며, 이로 인해 부식 반응의 속도가 크게 감소했다.

연구팀이 개발한 니켈 화합물 촉매는 강산 조건(pH 0.3)에서 약 3000시간의 수명을 가지고 있었으며, 기존 니켈 화합물의 수명(약 375시간)과 비교했을 때 매우 우수한 내구성을 확인하였다.

엄광섭 교수는 “대부분의 기존 연구들은 새로운 소재 개발에 초점을 맞추고 있는데 반해, 이번 연구는 소재의 표면 개질만으로도 촉매의 성능 및 안정성을 충분히 향상시켰다는 데 큰 의의가 있다”고 말했다.

지스트 신소재공학부 엄광섭, 이주형 교수가 지도하고 조승현, 강별 박사과정생이 수행한 이번 연구는 과학기술일자리진흥원 공공연구성과활용촉진 R&D 사업 및 GIST-MIT AI융합 국제협력사업의 지원을 받아 수행하였으며, 연구 성과는 세계적인 재료 분야 저명 학술지인 「**Chemical Engineering Journal**」(2021 인용지수: 16.744, JCR 분야별 2.79%)에 2023년 2월 1일자로 출판됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Chemical Engineering Journal (Impact factor: 16.744, 2021년 기준)
- 논문명 : Reconstruction of a surficial P-rich layer on Ni-P electrocatalysts for efficient hydrogen evolution applicable in acidic and alkaline media
- 저자 정보 : 엄광섭 교수, 이주형 교수 (지스트 신소재공학부, 공동 교신저자), 조승현, 강별 박사과정생 (지스트 신소재공학부, 공동 제1저자)