

# GIST, 고효율 수전해 촉매 개발... 바닷물로 그린 수소 생산 가능성 열어

- 전극촉매의 이종접합 계면에 쇼트키 접합 형성 신기술 도입... 촉매반응 효율 혁신적 향상
- 염분 없는 물(담수)을 활용하는 기존 수전해 시스템이 아닌 짠 바닷물을 전기분해해 그린 수소 생산 가능성 확인



▲ GIST 화학과 서준혁 교수

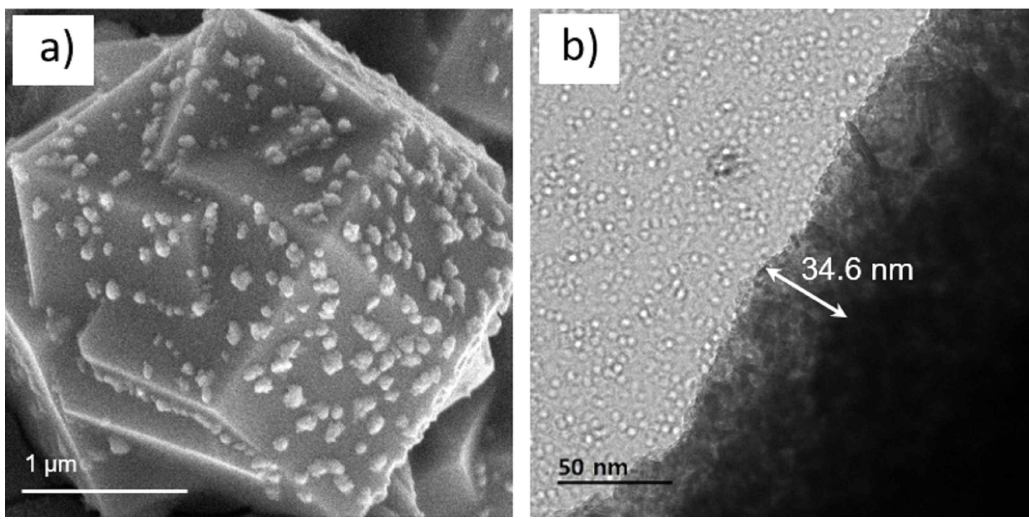
국내 연구진이 바닷물을 원료로 그린 수소와 산소를 발생시키는 고효율 수전해 촉매를 개발하는 데 성공했다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 화학과 서준혁 교수 연구팀이 포항공대 한정우 교수팀과 함께 '쇼트키 접합(Schottky junction)\*'을 이용해 전자 이동을 향상시키는 기술을 개발했으며, 이를 수전해 촉매 반응 효율을 혁신적으로 개선하는 데 활용했다.

\* 쇼트키 접합(Schottky junction): 금속(Metal)과 반도체(Semiconductor) 사이에 생기는 접합의 종류. 금속의 일함수가 n-타입 반도체의 일함수보다 큰 경우 발생하며, 반도체에서 금속으로 전자가 이동.

연구팀은 기존의 수전해 시스템이 염분이 없는 물(담수)을 사용하는 것과 달리 지구상에서 가장 풍부한 바닷물을 활용해 탄소 배출 없는 그린 수소의 생산 가능성을 확인했다.

연구팀은 전기화학적 재구성 반응법을 이용해 금속과 반도체 물질의 이종접합\*을 형성했으며, 이종 접합 시 형성된 쇼트키 접합은 고효율의 물 분해반응 촉매로 알려진 '니켈-텅스텐질화물'보다 2.8배 높은 전자 전달 효율을 보였다.

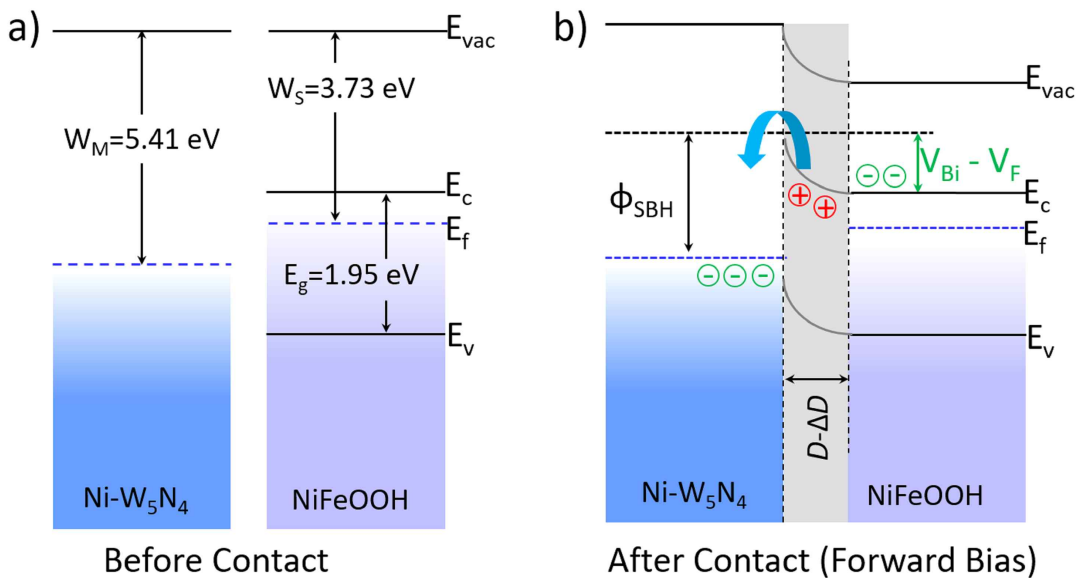


▲ 전기화학적 산소 발생 반응 촉매인 [니켈-텅스텐질화물]/[니켈-산화철수산화물] 이종접합 물질의 a) 주사전자현미경 사진, b) 투과전자현미경 사진.

이번 연구는 고효율의 환원 전극과 산화 전극을 이용해 **해수 분해 전지로 활용할 수 있음을 확인**했다.

\* **이종접합**: 고체 상태를 가지는 서로 다른 물질 두개의 층 또는 그 사이의 계면

**연구팀의 기술 개발 전략**은 물 산화 반응에 높은 효율을 보이는 물질로 알려진 '니켈-산화철수산화물'의 재구성 반응을 통해 '니켈-산화철수산화물'과 '니켈-텅스텐질화물' 물질 사이에 **쇼트키 접합을 형성하는 것**이다.



▲ [니켈-텅스텐질화물]/[니켈-산화철수산화물] 계면에 형성된 쇼트키 접합을 통한 전자 흐름에 대한 설명. a) 이종접합 생성 전, b) 이종접합 생성 후.

연구팀은 재구성 반응을 통해 '니켈-텅스텐질화물' 표면에 **일정한 두께의 '니켈-산화철수산화물' 층을 형성**할 수 있었다. 이때, 높은 일함수\*를 가지는 '니켈-텅스텐질화물'과 낮은 일함수를 가지는 '니켈-산화철수산화물' 사이에 **쇼트키 접합이 형성**되고, 전자를 **매우 효율적으로 이동**시키게 되어 **전극 표면의 산소 발생 효율이 증가**했다.

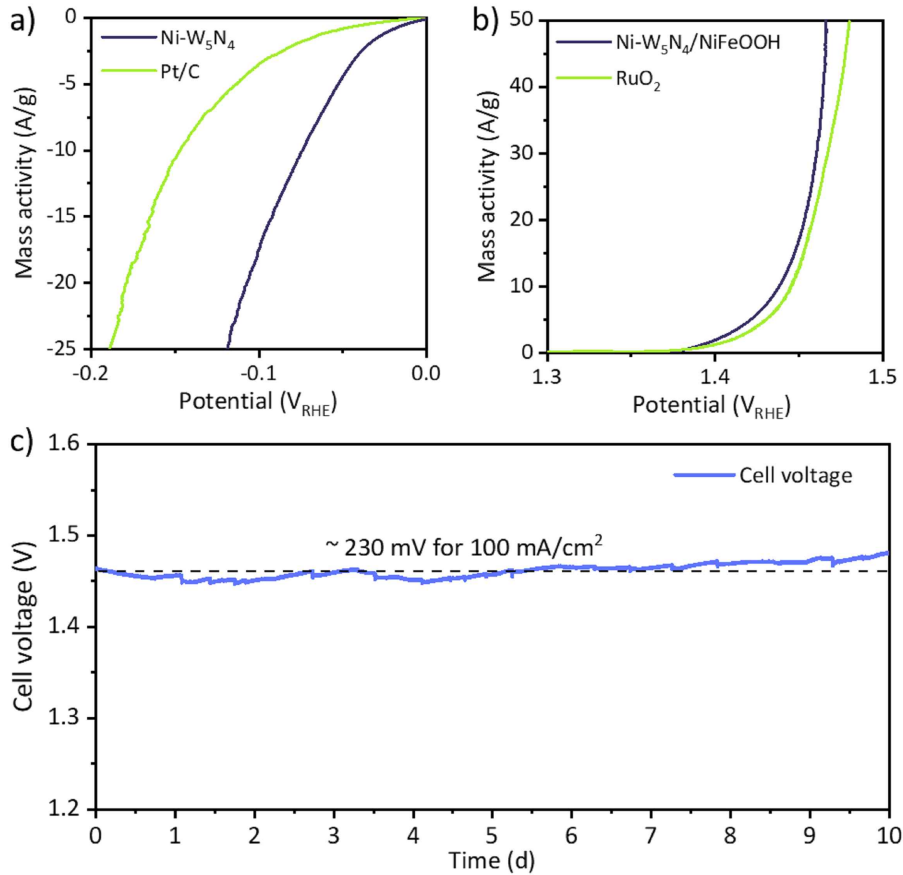
\* **일함수**: 물질 내에 있는 전자 하나를 밖으로 끌어내는 데 필요한 최소의 일 또는 에너지

연구팀은 쇼트키 접합을 통한 효과적 전자 전달 과정이 수전해 반응 효율에 미치는 영향을 실험적으로 증명했다. 획기적으로 향상된 효율성과 촉매 내구성, 더불어 진행된 해수 분해 안정성 실험 결과,

개발된 '이종접합 촉매'는 0.1 A 기준에서 0.2 V 과전압\*만을 필요로 하며, 고가의 산화루테늄 촉매보다 더 좋은 효율의 산소발생 반응성을 보였다.

또한 '니켈-산화철수산화물'은 0.01 A 기준에서 0.01 V 과전압을 필요로 하며 백금 촉매를 능가하는 수소발생 반응성을 보였다. 연구팀은 **10일 동안 진행한 실제 바닷물 분해 반응에서 0.2 V의 과전압만으로 0.1 A의 높은 효율에 도달하는 실험 결과**를 얻었고 **고효율, 고안정성 촉매의 상용화 가능성을 확인했다.** [그림3]

\* 과전압 (overpotential): 실제 전기화학 반응 시 저항 및 전기 에너지의 열손실에 의해 이론적 전압보다 더욱 요구되는 전압



▲ 이번 연구에서 개발한 a) [니켈-텅스텐질화물]과 백금 촉매의 수소생산반응효율 비교, b) [니켈-텅스텐질화물]/[니켈-산화철수산화물] 이종접합 물질과 산화루테늄 촉매의 산소발생 반응효율 비교 그래프, c) 바닷물을 이용한 수전해반응 테스트 결과.

서준혁 교수는 "이번 연구 성과는 수전해 촉매기술개발 연구 분야에서 **전극촉매의 이종접합 계면에 쇼트키 접합을 형성하는 새로운 기술을 도입해 촉매반응 효율을 혁신적으로 향상시켰다**는 데 의의가 있다"면서 "향후 수전해 촉매를 활용해 그린 수소를 생산하거나 산소를 공급하는 **설비 제작으로의 상용화 가능성을 기대해** 볼 수 있다"고 말했다.

화학과 서준혁 교수가 지도하고 셀바라지 시니바산 박사후 연구원과 임태완 박사 과정 학생이 수행한 이번 연구는 한국연구재단 기초연구사업과 해양수산과학기술진흥원 해양수산 신산업 기술사업화지원 사업의 지원을 받았으며, 환경 분야 상위 1% 이내 논문인 'Applied Catalysis B: Environmental'에 2023년 8월 30일 온라인 게재됐다.

## 논문의 주요 정보

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Applied Catalysis B: Environmental (IF=22.1, 2022년 기준)
- 논문명 : Schottky switch derived by metallic  $W_5N_4$  | catalyst junction: switch-on to enhance catalytic activity and durability in water splitting reaction
- 저자 정보 : 셀바라지 시니바산(제1저자, GIST), 임현애, 임태완, 한정우, 서준혁(교신저자, GIST)