

GIST, 산업폐기물 → 고부가가치 제품 생산하는 장시간 구동 태양에너지 변환 시스템 개발

- 신소재공학부 이상한 교수팀, 장시간 구동에도 성능 유지(종전 3시간 → 18시간 이상, 86.1% 효율)되는 태양에너지 변환 시스템 개발... 산업폐기물(글리세롤)로부터 화장품 및 향암 항생제 원료(글리세르알데하이드) 생산하면서 동시에 그린 수소도 생산
- "태양에너지 활용 산업폐기물 변환의 한계 극복" 국제학술지 《Small》 게재



▲ (왼쪽부터) 이상한 교수, 정윤성·김승환 석박사통합과정생

태양에너지를 활용하여 산업폐기물을 고부가가치 제품으로 만드는 기술이 주목받고 있다. 이를 위해선 광전극*이 충분히 긴 시간 동안 성능을 유지해야 하지만 지금까지의 태양에너지 변환 시스템에서는 이것이 불가능했다.

국내 연구진이 저렴하면서도 효율성과 안정성이 높은 소재를 이용해 **장시간 고부가가치 물질 생산이 가능한 태양에너지 변환 시스템**을 선보였다.

* **광전극**: 빛을 흡수해 전자를 방출하거나 흡수하여 전기 에너지를 생성하거나 화학 반응을 촉진하는 매개체이다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 신소재공학부 이상한 교수 연구팀이 **산업폐기물인 글리세롤로부터 화장품이나 향암 항생제의 원료로 사용되는 글리세르알데하이드***를 생산할 수 있는 **태양에너지 변환 시스템**을 개발했다고 밝혔다.

* **글리세르알데하이드**: 글리세르알데하이드는 글리세롤 산화반응을 통한 생성물 중 하나로 화장품 산업에서 피부관리 제품의 원료나 제약산업에서 향암 혹은 항생제 제품의 원료로 사용된다.

글리세롤은 주로 환경친화적인 바이오디젤* 연료의 제조 과정에서 생산되는 부산물로서 현재 **과도한 공급에 의해 많은 양이 바이오매스*로 폐기되고 있다.**

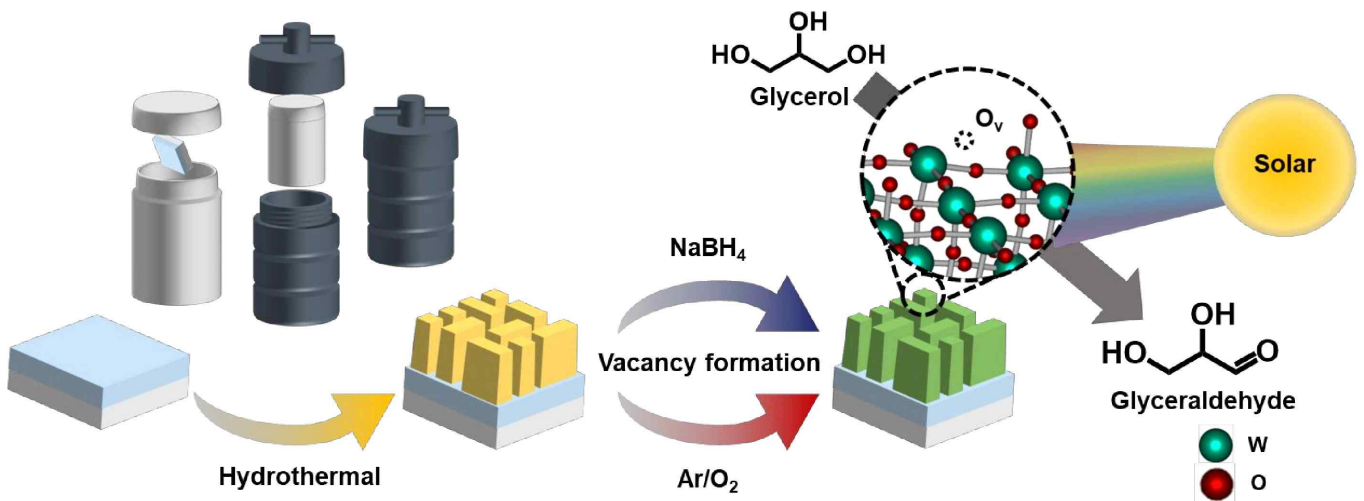
폐기물을 고부가가치 물질로 전환하는 과정에서 활용 가치가 없는 물질도 쉽게 생성될 수 있기 때문에 이 작업은 매우 도전적일 뿐만 아니라 **폐기물에 의한 시스템 오염은 장시간에 걸친 태양에너지 변환 시스템의 구동을 저해한다.**

그러므로 광전기화학 반응을 통한 산업폐기물의 고부가가치화를 실용화하기 위해선 장시간 구동되는 동안 성능 저하 없이 고부가가치 생성물 변환이 가능하도록 하는 기술 개발이 필요하다.

* **바이오디젤**: 식물성 기름이나 동물성 지방을 원료로 하여 만든 재생 가능 연료이다. 재생 가능하고 지속 가능한 에너지 자원으로 화석 연료 기반의 디젤을 대체할 수 있는 환경친화적 에너지원이다.

* **바이오매스**: 바이오매스는 에너지나 자원으로 이용할 수 있는 식물, 동물, 미생물 등에서 비롯된 유기물질을 의미하며, 화석연료와 달리 친환경적이고, 순환할 수 있는 에너지원이다.

연구팀은 산소 공극 제어 기술(Oxygen vacancy engineering technique)*을 도입하여 광전극 표면에 국한된 산소 공극 제어에 성공했다. 기존의 시스템이 3시간 동안 구동할 수 있었던 것과 비교하여, 이 기술이 적용된 광전극을 사용한 태양에너지 변환 시스템은 18시간 이상 86.1%의 생산물 변환 효율을 유지하였다.

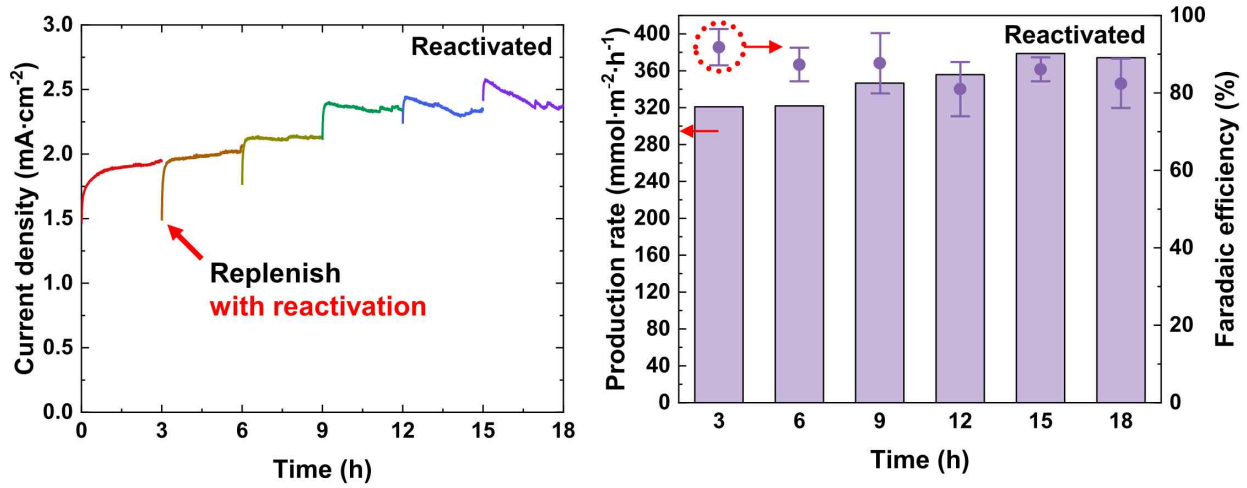


▲ 산소 공극 조정된 광전극의 모식도. 이렇게 제작된 광전극은 태양에너지를 이용하여 글리세롤을 글리세르알데하이드로 변환시킨다.

이는 현재까지 보고된 글리세롤 대상의 태양에너지 변환 시스템 관련 연구 결과 중 최고의 효율성과 안정성을 보여준다고 연구팀은 설명했다. 또한 2.58 mA·cm⁻²의 높은 광전류와 378.8 mmol·m⁻²·h⁻¹의 높은 고부가가치 물질 생산효율을 달성했다.

* 산소 공극 제어 기술: 산소 공극은 산화물 결정 구조에서 산소 원자가 결핍된 상태로서 물질의 전자적, 구조적, 화학적 성질에 큰 영향을 미치며, 산소 공극 제어 기술은 산화물 결정 구조에서 원하는 영역에서만 공극을 제어할 수 있는 기술이다.

연구팀은 또한 글리세롤로부터 글리세르알데하이드를 생산하는 과정에서 산화반응과 함께 발생하는 환원반응을 이용한 그린 수소의 생산에도 성공했다. 이를 통해 산업폐기물 변환과 동시에 수소 생산이 가능한, 경제적이고 친환경적인 시스템 구현의 가능성을 제시하였다.



▲ 본 연구팀이 개발한 산소 공극이 조정된 광전극의 성능평가. 본 연구팀의 광전극은 성능의 큰 저하 없이 장시간 동안 유지되었고, 이는 현재까지 보고된 글리세롤 관련 연구 중에서 가장 높은 안정성과 수치를 보여 준다.

이상한 교수는 “이번 연구를 통해 산업폐기물 변환에서 큰 이슈인 효율성 및 안정성 문제를 극복했으며, 특히 이를 기반으로 태양에너지 변환 시스템은 폐기물 고부가가치화 및 수소 생산 기술의 실용화를 앞당기는 데 크게 기여할 것”이라고 밝혔다.

이상한 교수가 주도하고 정윤성·김승환 석박사통합과정생이 참여한 이번 연구는 한국연구재단이 지원하는 도시형 생활폐기물 가스화 물질 혁신적 전환 선도연구센터 사업, 미래수소 원천기술개발 사업 및 GIST-MIT 공동연구 사업 등의 지원을 받아 수행되었으며, 응용물리 분야 상위 7% 국제학술지《Small》(IF=13.0)에 2024년 10월 24일 온라인 게재되었다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Small (IF=13.0) (2024년 기준)
- 논문명 : Long-Term Selective Photoelectrochemical Glycerol Oxidation via Oxygen Vacancy Modulated Tungsten Oxide with Self-Healing
- 저자 정보 : 정윤성 (공동 제1저자, GIST), 김승환 (공동 제1저자, GIST), 이상한 (교신저자, GIST)