

GIST	지스트(광주과학기술원) 보도자료	
	http://www.gist.ac.kr	
보도 일시	2020.2.13.(목) 조건(온라인 2.12.(수) 낮)부터 보도해 주시기 바랍니다.	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062
자료 문의	지구·환경공학부 장인섭 교수	062-715-3278

미생물 연료전지 실용화 난제 극복을 위한 길잡이 제시

- 전압역전의 원인과 해결방안 제시로 집적화를 통한 전력향상 기대, 리뷰논문 소개
- 장인섭 교수 연구팀, 국제학술지인 트렌드인 바이오테크놀로지(Trends in Biotechnology)에 연구성과 게재

- 우주비행사의 배설물을 지구로 되가져오지 않기 위해 본격 연구되기 시작했다는 미생물 연료전지*. 폐기물을 처리하면서 동시에 전기도 생산할 수 있는 미래에너지이지만 효율이 낮아 실용화가 어려웠다.
- 땀으로 충전되는 웨어러블 기기, 처리장 하수를 활용한 전력생산 등 미생물 연료전지에 대한 수요가 이어지는 가운데 실용화를 앞당길 연구결과가 소개되었다.

※ 미생물 연료전지(Microbial Fuel Cel) : 미생물이 땀, 오폐수 등 여러 유기물을 분해하는 과정에서 만들어지는 전자, 수소이온 등이 전극을 오가며 전기를 생산한다. 안정성과 지속성이 뛰어나고 친환경적이라는 장점이 있다.

- 광주과학기술원(총장 김기선, 이하 지스트) 지구·환경공학부 장인섭 교수 연구팀은 미생물 연료전지 실용화의 걸림돌 가운데 하나인 전압역전현상을 극복할 방안을 제안했다.
- 해당 성과는 국제적 학술출판사 Cell Press가 발행하는 국제학술지로부터 의뢰받아 관련 분야의 연구동향을 망라하면서 직접 도출한 연구성과를 더한 리뷰(Review) 논문으로 소개되어 더욱 주목받는다.

- 바이오연료전지는 이론적 발생전압이 낮기 때문에 단위셀(Unit Cell)을 길이방향, 즉 직렬로 연결하는 방식으로 출력을 높이는데
 - 이 과정에서 단위셀의 전압이 역전되는 전압역전(voltage reversal) 현상이 빈번하게 발생하여 전체 시스템의 성능이 저하되는 것이 실용화의 걸림돌 가운데 하나였다.

- 그간 이 현상에 대한 특징과 추정 원인들에 대한 논문이 발표되었으나 해결에 대한 실마리는 찾지 못한 상태였다.
 - 연구팀 역시 전압역전현상의 발생원인에 대한 심층연구를 수행, 역전현상에 기여하는 요인들을 음극부, 양극부 등 각 부분별로 확인한 연구결과를 여러 국제학술지에 발표한 바 있다.

- 이같은 연구를 지속한 결과 연구팀은 전압역전의 근본적인 원인이 시스템을 구성하는 단위셀들 간의 성능 차이 때문임을 알아냈다.
 - 단위셀 내 양극과 음극의 반응속도 차이 또는 단위셀간 성능의 불균형(imbalance)을 최소화 하는 것이 해결책임을 알게 되었다.
 - 이에 각 셀들의 전류생산 능력(State of Current Production)이라는 용어를 제안하고, 이들간 균형을 유지할 수 있는 방안을 제시하였다.

- 연구팀은 산화환원효소를 사용하는 극소형 효소연료전지 시스템 집적화에 제안한 방식을 우선 적용할 계획이며 미생물연료전지 매크로시스템의 효율화에 대한 연구를 지속할 계획이다.
 - 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 기초연구지원사업(중견연구)의 지원으로 수행된 이번 연구의 성과는 국제학술지 트렌드인 바이오테크놀로지(Trends in Biotechnology)에 1월 21일 게재되었다.

주요내용 설명

< 논문명, 저자정보 >

논문명	Controlling Voltage Reversal in Microbial Fuel Cell
주저자	장인섭 교수(교신저자/광주과학기술원), 김봉규 박사(제1저자/광주과학기술원, 현 Univ of Bath).

< 연구의 주요내용 >

1. 연구의 필요성

○ 바이오연료전지는 효소 및 미생물을 기반으로 화학에너지를 전기 에너지로 전환하여 회수하는 차세대 에너지기술이다. 다만 단위 셀의 낮은 에너지 생산능력으로 인해 실용화에 어려움이 있었다.

○ 단위 셀의 에너지 생산능력을 개선하기 위해 연료전지 및 2차전지에서 일반적으로 사용되는 직궤병렬연결을 통한 전압과 전류값을 높이는 방법을 도모하고 있다.

* 직병렬연결 : 단위셀들의 전압과 전류를 높일 수 있는 회로 구성방법

○ 하지만 바이오연료전지의 직렬연결과과정에서 회로를 구성하는 단위셀의 양극과 음극의 전압이 역전되어 전체 시스템의 전력의 향상을 방해하는 전압역전현상이 발생하여 이를 예방하고, 개선하기 위한 방안이 필요한 실정이다.

2. 연구내용

○ 바이오연료전지의 전압역전현상에 대해 처음으로 현상적인 의미를 소개했던 논문들을 필두로 최근 직접적인 원인과 그 해결방안을 제시하였던 논문까지, 타 연구그룹들에서 수행한 연구 사례에 대하여 확인하고, 검증되었던 사실들을 체계적으로 분류하였다.

○ 또한 본 연구그룹에서 그 동안 여러 국제학술지에 발표하였던

바이오연료전지의 상이한 구성요소들에 의해 발생하는 전압역전현상들에 대응할 수 있는 해결방안들도 소개하였다.

○ 이번 연구논문은 전압역전현상에 대한 연구경험들과 자료들을 기반으로, 그 동안 발표되었던 선행 연구들에서 추출된 의미를 상호 비교 분석하여, 단위 셀들 간의 전류생산능(State of current production)의 불균형을 전압역전현상의 근본적인 발생 원인으로 처음 제시하였다. 제시된 이론은 그 동안 산발적이고 파편적으로 진행되었고 이해되었던 전압역전현상과 그 해결방안에 대해 총 망라한 것이다.

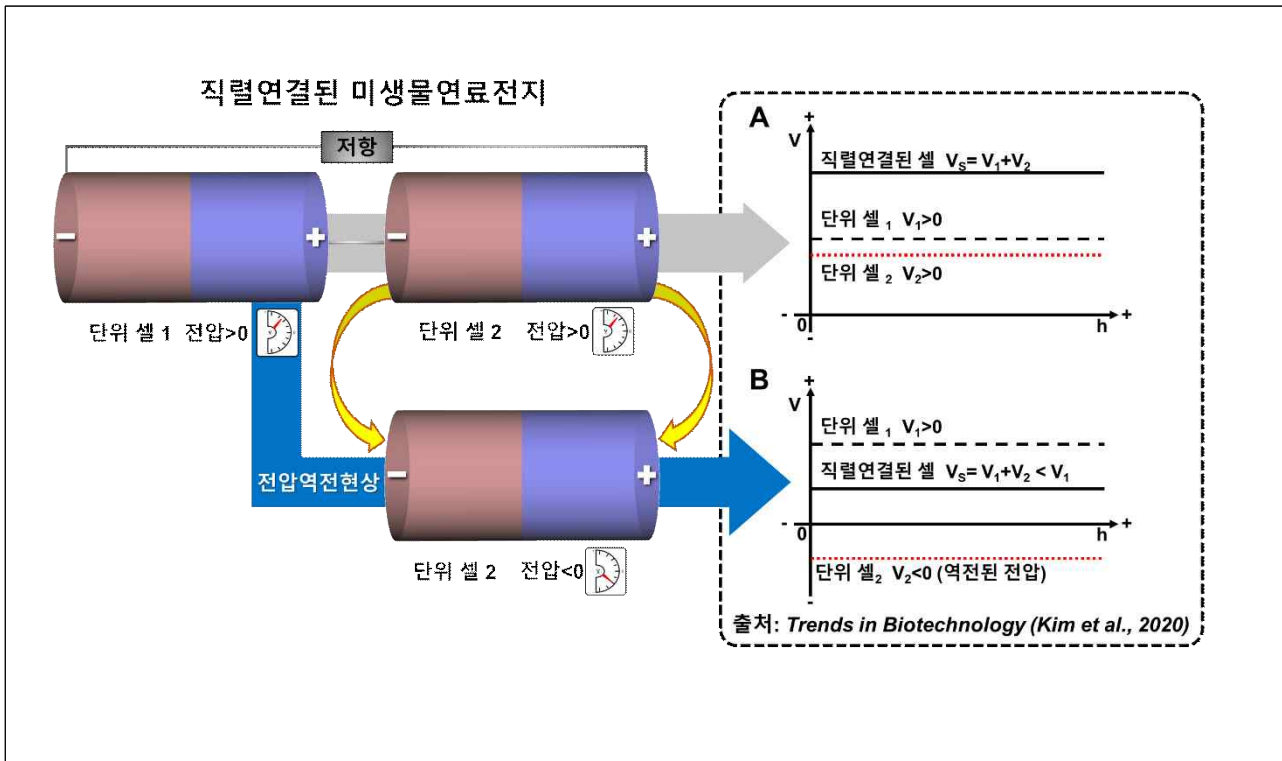
○ 바이오연료전지의 전압역전현상을 개선하기 위한 방안으로 전류생산 능력의 균형을 유지할 있는 방안들을 시스템의 규모에 맞게 제시 하였으며, 직렬된 시스템에서 예방할 수 있는 방법들을 논의하였다.

○ 향후 전압역전현상을 좀 더 효율적으로 개선할 수 있는 비전과, 추가적으로 검증되어야 하는 연구방향들에 대해서도 함께 제시하였다.

3. 연구성과/기대효과

○ 전압역전현상에 대한 전반적인 이해와 현실적인 해결방안을 제시함으로써 바이오연료전지에서 발생하는 전압역전현상의 개선에 도움이 될 것으로 기대된다.

그림 설명



(그림) 미생물연료전지에서의 직렬연결과정에서 발생하는 전압역전현상

미생물연료전지의 직렬연결과정에서 발생하는 전압역전현상을 나타내는 것으로, 좌측 상단의 건전지형태의 셀은 단위 셀 1을 나타내며, 우측상단과 하단의 셀은 단위 셀 2를 나타낸다.

우측 상단의 경우 직렬연결과정에서 전압역전현상이 발생하지 않는 상태의 셀을 나타내는 것으로 그래프 A에서와 같이 모든 셀의 전압이 +전압을 형성하고 있다. 하지만 우측 하단의 경우 전압역전현상이 발생한 것으로, 전지의 두 양극과 음극의 위치가 변형되어 있는 것을 확인할 수 있는데 이는 전압역전현상을 나타내기 위함이며, 그래프 B에서도 단위셀 2의 전압이 - 전압을 형성하여, 전체 셀의 전압이 단위셀 1의 전압보다 낮은 것을 확인할 수 있다.

(제공 광주과학기술원 장인섭, 출처 : Trends in Biotechnology, Kim et al 2020)

연구 이야기

<작성자 : 광주과학기술원 장인섭 교수>

□ 연구를 시작한 계기나 배경은?

2000년대 초반부터 미생물연료전지 연구를 시작하였고, 2000년대 후반 들어 효소연료전지 분야로 바이오연료전지 연구를 확장하였습니다. 비슷하지만 명확히 다른 바이오연료전지를 연구하면서 실용화 가능성을 높이기 위해 시스템의 낮은 전기생산 능력을 높이는 방안을 고민하였습니다. 직렬연결을 통해서 시스템의 에너지를 향상시키는 방법이나 DC-DC 회로를 사용하여 전압을 향상시키는 방법도 시도하였습니다.

직렬연결을 통해 전압을 향상시키는 과정에서 빈번하게 시스템의 성능이 기대에 미치지 못하는 것을 확인하였습니다. 2010년대 초반 이러한 현상을 발견했을 당시에는 정확하게 그 원인을 알지도 못했고, 이를 검증하거나 해석하기 위한 노력을 수행하지 않았습니다. 단순한 해프닝일 수 있다고 생각했습니다. 하지만 10년 정도 바이오연료전지 실용화 연구를 계속하면서 전압역전현상에 대한 이해가 깊어지고 해외 연구자들도 이 현상에 대해 관심을 가지기 시작했습니다.

전압역전현상으로 인한 직렬연결의 실패는 미생물연료전지의 실용화를 저해하는 요인이 될 수 있기에 본격적으로 근본원인과 해결방안을 찾고자 하였습니다. ‘실험실에서만 성공적인 시스템’이 아니라 실제 현장에서 구동하는 시스템을 개발하기 위한 노력이 필요했습니다. 미생물연료전지의 실용화를 위한 스케일업 시스템의 관건이 될 수 있는 전압역전현상에 대한 해결방안을 찾고자 하였습니다.

□ 연구 전개 과정에 대한 소개

다년간 미생물연료전지의 전압역전현상에 대해 연구하고 해결방안을 제시하기 위한 논문들도 수차례 투고하였습니다. 실례로, 두개의 시스템의 성능의 차이를 보완하기 위해 보조 배터리 같은 보조 셀을 도입해서 성능의 균형을 이루는 방법, 시스템 내부의 저항을 조작하여 성능을 제어하는 방법, 병렬연결과 직렬연결을 함께 병행하여 사전에 미리 예방하는 방안들을 제시했습니다. 다년간 전압역전현상에 대해 연구한 결과 시스템들 간의 성능적 균형이 무너지는 상황에서 전압역전현상이 발생하는 것을 알게 되었고 전류생산능력이 각 시스템의 성능의 균형을 나타낼 수 있는 지표라는 것을 알게 되었습니다. 그래서 전류 생산 능력 “State of current production”을 핵심으로 그동안 연구해온 연구결과들과 선행 연구 사례들을 제시하였고, 전압역전현상들에 대한 예비책과 해결방안을 같은 맥락에서 각 시스템의 규모에 맞게 정리하여 처음으로 학계에 제시할 수 있었습니다.

□ 이번 성과, 무엇이 다른가?

각각의 연구결과들이 하나의 현상에 대한 하나의 해결책을 제시하고, 각 현상에 맞은 방향들을 제시하는 것과 달리, 이번 논문은 전압역전현상이라는 현상에 대해서 전체적인 의미와 발생원인, 그리고 해결방안과 향후 필요한 연구 등, 전반적인 모든 부분에 대해서 다른 연구로 미생물연료전지 및 바이오연료전지 연구분야에 도움이 될 것으로 기대합니다.