

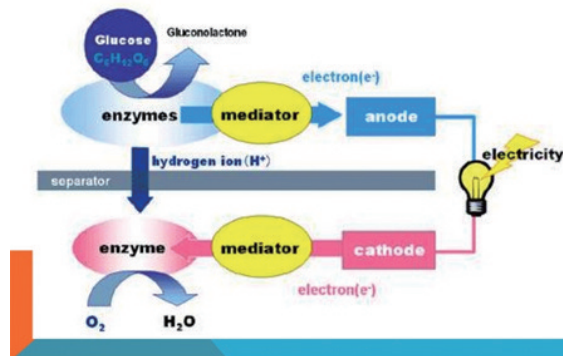
바이오패터리 기술 동향

김준혁 | 융합연구정책센터

선정 배경

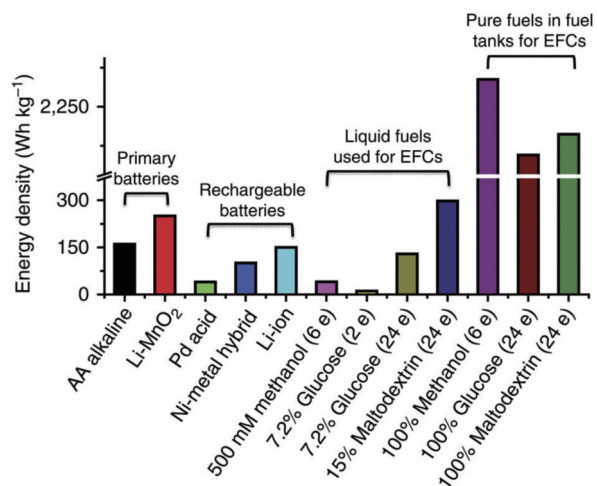
● 바이오패터리는 유기물질에서 나온 전자를 전력원으로 활용하는 전지를 지칭

- 포도당 대사에서 발생하는 전자를 활용하는 경우가 대표적으로, 전자밀도가 금속이온 기반 배터리보다 월등히 높아 새로운 배터리 소재로 각광받음



출처 : slideshare.net

그림 1. 바이오패터리 기본 개념 모식도

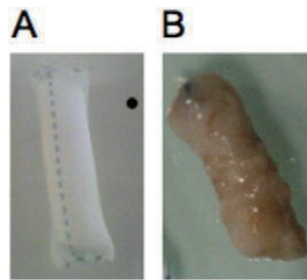


출처 : Nature, 2014

그림 2. 바이오패터리의 높은 에너지 밀도

개요

- **바이오배터리는 미토콘드리아, 해당(Glycolysis)과정의 효소, 박테리아 등을 활용하여 전자를 분해하여 전력을 생산**
 - 전자의 자연 확산에 의존하는 바이오배터리와 별도 유도 장치를 통해 전자 이동을 활성화하는 바이오 배터리로 분류 가능
- **바이오센서 등에 사용되는 생체이식용으로 주목 받고 있으며 그 외에도 물 정화, 바이오디젤 생산 등 다양한 목적에 활용 가능**
 - 일반 전지보다 에너지 밀도가 높고 가벼워 휴대용 군용 전자기기의 전력공급장치로 활용될 가능성에 주목
 - 생체에 이식한 경우 신체의 당 흐름을 지속적으로 이용하기 때문에 별도의 충전 과정이 필요하지 않아, 신체 내 삽입 의료기구의 배터리 교체를 위해 시행하던 수술을 생략 가능
 - 바이오배터리 관련 기존 생물들의 당대사 과정을 참고하는 생체모사(biomimetics) 연구 활발
- **세포 활용 기술은 20세기 초부터, 효소 활용 기술은 1960년대부터 활용되어 왔으나, 전력 효율이 낮다는 문제로 상용화 실패**
 - 전력 효율이 낮아 배터리 크기가 커지는 단점을 극복하기 위해 전극, 효소배열, 효소성능 등을 개선 중



출처 : ZDNet Korea, 2011

그림 3. 인공신장에 주입될 바이오배터리. 왼쪽은 이식 전, 오른쪽은 이식 후

- **효율성과 전력생산량 측면에서 아직 상용화 단계에 이르지 못하였으나 지속적인 기술 개발을 통해 기존 금속 기반 배터리들을 대체해 나갈 전망**
- **재료공학과와의 협업을 통한 바이오배터리 핵심 소재 기술의 개발이 활발**
 - 당대사 효소의 작용을 극대화하는 나노구조(탄소나노튜브 등), 전자의 전달을 활성화하는 개량형 전극, 면역 거부 염려가 없는 유기물 전극 등을 개발

해외 연구기관 동향

- (UCSD) 땀 속의 젖산으로 전력을 생산함과 동시에 젖산의 농도를 측정하는 바이오배터리 개발

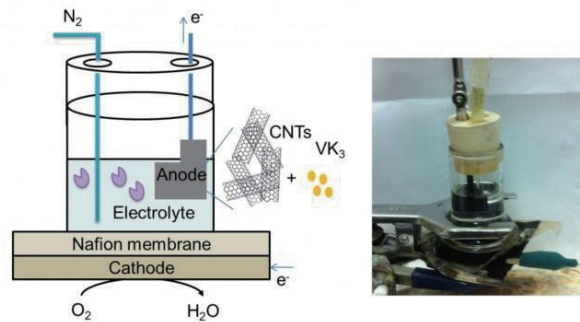


출처 : EtNews, 2014

그림 4. 땀 속의 젖산을 활용한 문신 형태의 바이오배터리

- (버지니아 공대) 젖산 분해 대사경로 재조합과 전자 중간매개체 고정으로 기존 바이오배터리 전극보다 훨씬 높은 효율 달성

- 합성생물학적 관점에서 젖산 분해 효소의 대사경로를 재조합하고 전극에 효소 대신에 전자 중간매개체(비타민 K)를 고정, 리튬이온 배터리에 비견할 수준의 효율 달성



출처 : Nature, 2014

그림 5. Enzymatic pathway를 활용한 biobattery

- (CFD 연구협회) 당류 대사에 쓰이는 효소들을 기반으로 바이오배터리 개발
 - 에너지밀도가 리튬이온배터리보다 10배 높고, 충전시간이 2분으로 짧은 장점
 - 군용으로 시범 적용하고 바이오배터리 관련 실험용 키트를 개발하는 등 바이오배터리 사용계층 확대를 모색
- (뉴잉글랜드 Biolab) 효소를 생산하는 생명공학 기업으로, 목초를 연료로 사용하는 미생물 연료전지 연구개발
 - 가로등과 같이 저전력으로 구동 가능한 장치에 미생물 연료전지 활용 목표로 바이오배터리 개발
- (유타대학교) 효소의 반응성을 최적화하는 연구와 미토콘드리아 등 세포소기관을 활용하는 연구 수행
 - 연료의 산화를 극대화하는 효소 대사회로 개발 기술과 막에 효소를 고정하여 효율을 최적화하는 기술 연구
 - 미토콘드리아로 피루브산과 지질을 분해해서 생산된 전자를 바이오배터리에 활용하는 연구 진행
- (MIT) Analog circuits and biological system 연구팀이 이식가능한 포도당 연료전지 제작

- 백금 나노구조 전극에서 포도당이 산화되며, 반도체 제작 공정과 흡사한 과정을 거쳐 포도당 처리
- 단백질 불순물이 적은 뇌수액을 전지에 활용할 수 있으며, 향후 BMI(Brain-Machine Interface)기술에 활용할 수 있을 것으로 기대

●● (CNRS) 실험용 쥐에 포도당 바이오 연료전지를 이식, LED나 디지털 온도계를 가동할 수 있는 정도의 전력 생산 성공

- 효소 배열을 최적화하는 탄소나노튜브 나노구조를 활용한 바이오배터리

●● (말뫼 대학교) 사람 눈물의 포도당을 활용하는 연료전지 개발

- 아스코르브산 산화 효소, 빌리루빈 산화제 효소를 금으로 만든 나노구조에 배열

●● (소니) 환경경영의 일환으로 산소 환원효소, 당분해효소, 셀룰라아제 등을 활용한 바이오배터리 개발

- 산소 환원효소와 당분해효소를 음극과 양극에 배치하여 전력을 생산하는 바이오배터리 개발('07)
- 셀룰라아제를 활용, 셀룰로오스를 연료로 사용하는 바이오배터리를 선보임('11)

향후 전망

●● 바이오배터리 기술은 아직 연구의 초기 단계로 Frost&Sullivan (2014)은 바이오배터리의 상용화에 최소 15~20년이 소요될 것으로 예상

- 우리나라에는 전세계적으로 배터리 기술을 선도하는 많은 기업(LG화학, 삼성 SDI, SK 이노베이션 등)들이 있어 바이오배터리를 차세대 배터리 신수종 기술로서 연구개발 가능

●● 바이오배터리를 구성하는 당류는 리튬이온 소재보다 에너지밀도가 훨씬 높지만 에너지 전환 효율이 낮음

- 당을 분해해서 에너지를 만드는 효소 배열의 최적화가 필요하며 이를 위한 나노구조 연구가 향후 핵심 연구과제
- 합성생물학에서는 효소의 성능을 개선하는 연구가 진행 중

●● 장기적으로 바이오센서, 헬스케어기기 등 휴대용 저전력기에 활발히 쓰일 수 있는 배터리의 한 형태로 자리잡을 것으로 전망

결론 및 시사점

●● 바이오배터리 기술은 재료공학, 대사공학, 생화학, 전자공학 등 다양한 공학과 과학의 분야가 공동으로 기술개발에 참여하는 융합적 특성 보유

●● 무게와 재충전 등 현재 배터리의 문제들을 근본적으로 해결할 수 있는 바이오배터리는 세계적 배터리 산업 강국으로 떠오르고 있는 우리나라의 신수종사업이 될 가능성 보유

- 배터리 산업역량의 발전을 위해 10여년간 선제적 R&D를 수행해 왔던 것과 같이 바이오배터리 분야에도 선제적 R&D를 통한 기술 이니셔티브 확보 필요

참고문헌

- Technical insights – Futuretech alert, 14.3.28, Frost&Sullivan
- A high-energy-density sugar biobattery based on a synthetic enzymatic pathway 2014, Nature Communciation
- Tattoo biobatteries produce power from sweat, UCSD study, 14.8.13, BioSpace
- 땀흘리면 전기 만드는 문신형 배터리, 14.8.18, 이티뉴스
- 구글-애플 헬스케어 빅매치 벌인다, 15.1.8, 머니투데이
- 인공장기용 배터리, 몸 속 당으로 가동, 11.10.18, ZDNet Korea
- 배터리 빅3 대규모 투자 활발, 15.12.23, 디지털타임스