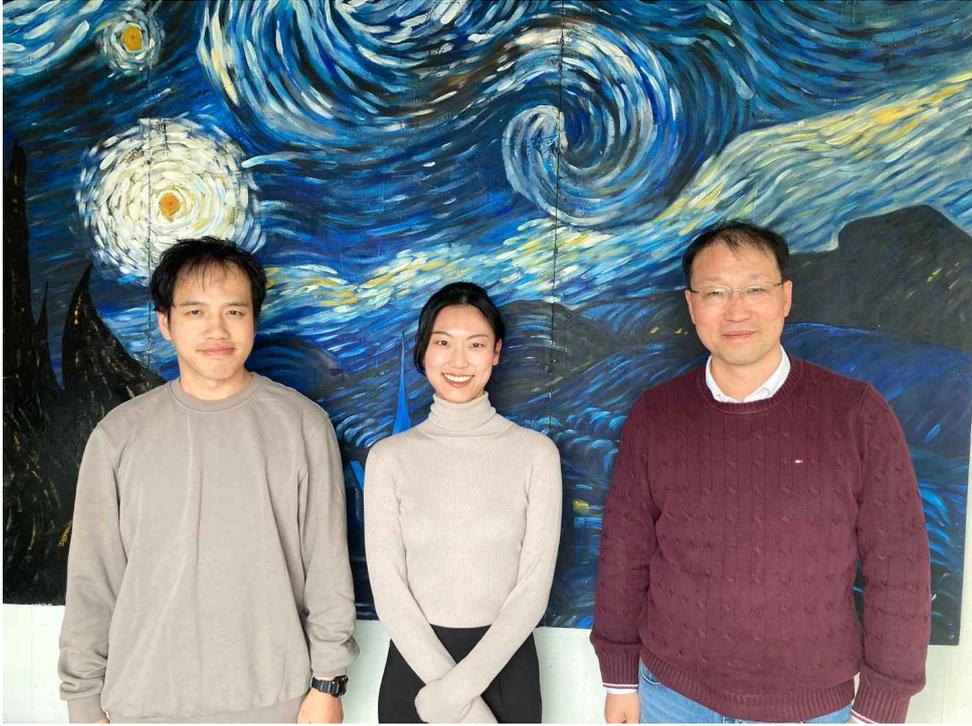


GIST, 탄소 배출 '제로' 연료전지 초격차 이끈다!

알칼라인 하이드라진 액체연료전지 세계 최고 성능 확보

- 계층적 기공구조 비(非)백금 촉매 개발... 1.24 mW cm⁻² 최고 출력 성능 달성
- 차세대 액체연료전지 상용화 앞당겨 드론·킥보드·로봇·노트북 등 활용 기대



▲ (왼쪽부터) KBSI 정범균 책임연구원(공동 교신저자), GIST 배수안 박사과정생 (제1저자), GIST 이재영 교수(교신저자) 국내 연구진이 비(非)백금 전극 촉매를 개발해 온실기체를 발생하지 않는 액체 연료전지의 성능을 세계 최고 수준으로 확보하는 데 성공했다. 이번 연구 성과는 알칼라인 액체연료전지의 상용화에 도움이 될 것으로 기대된다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 지구·환경공학부 이재영 교수 연구팀과 한국 기초과학지원연구원(KBSI) 정범균 박사 연구팀이 함께 알칼라인 하이드라진 액체연료전지*에 사용하는 환원극 비백금계 촉매를 개발했다고 밝혔다.

* 하이드라진 액체연료전지: 하이드라진(Hydrazine)은 질소와 수소의 화합물로 암모니아와 유사한 냄새가 나는 가연성 액체 화합물이다. 하이드라진 액체 연료전지는 수소연료전지에 비견될 수준의 출력 성능을 가지고 있으며, 기존 액체연료의 저장·수송 인프라를 그대로 활용할 수 있는 장점이 있다.

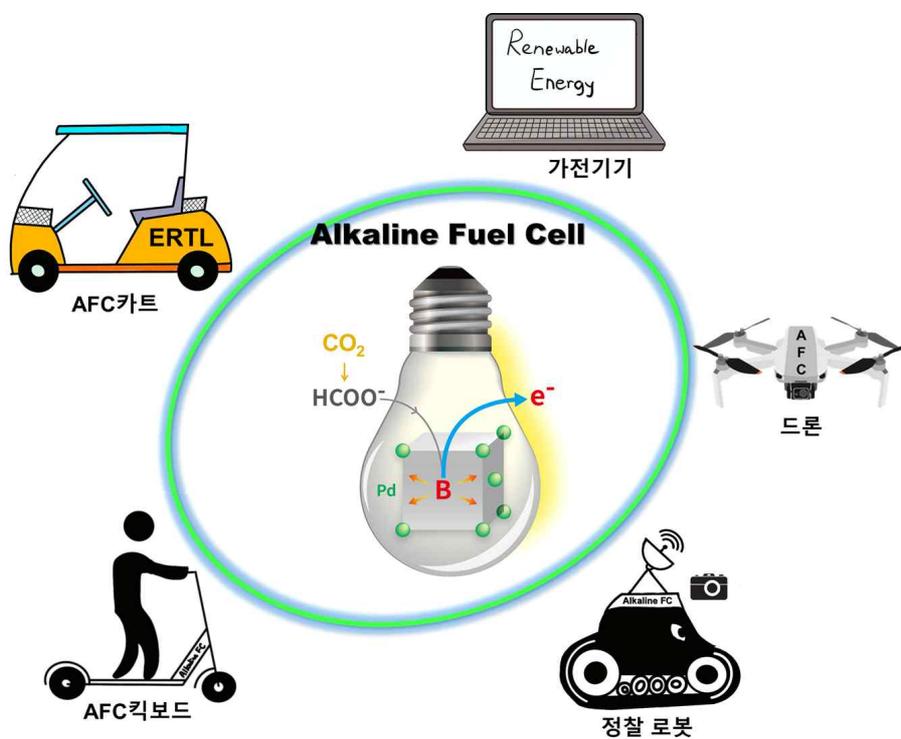
연료전지는 전해질의 산성도에 따라 산과 알칼라인으로 구분되는데 알칼라인 연료전지는 값비싼 백금 촉매를 사용하지 않아도 출력이 높다는 장점이 있다.

알칼라인 액체 연료 전지에서 철-질소-탄소 촉매는 백금을 대체할 만한 성능을 가진 촉매로 주목받고 있지만, 백금에 비해 촉매 표면의 활성점(촉매 반응이 일어나는 지점) 밀도가 낮다는 단점이 있어 원하는 출력 성능을 얻기 위해서는 상대적으로 많은 양의 촉매를 사용해야 한다는 단점이 있다.

하지만 다량의 촉매를 사용하면 도포된 촉매층이 두꺼워져 반응물이 활성점으로 접근하기 어려워진다. 그 결과, 전극 위에서의 촉매 이용률이 떨어져 연료전지의 출력이 촉매 사용량만큼 증가하지 않게 된다.

연구팀은 수증기 활성화 공정으로 철-질소-탄소 촉매에 계층적 기공 구조를 만들고 옥살산 처리로 표면 접촉 특성을 개질(改質, reforming)함으로써 하이dra진 연료전지의 출력을 대폭 향상시켰다.

그 결과, 촉매층 내부에 형성된 계층적 기공 구조 덕분에 반응물이 촉매층 내부로 확산될 수 있었으며 옥살산에 의해 산화철이 제거됨으로써 수용액, 산소 기체, 촉매 사이의 접촉 계면이 극대화되었다.



▲ 알칼라인 연료전지 활용 가능한 소규모 운송동력장치(드론, 킵보드, 정찰 로봇, 노트북 등)

이를 통해 알칼라인 액체 연료전지 구동 환경에 적합한 계층적 기공 구조가 철-질소-탄소 촉매에 형성되어 산소 기체가 활성점에 원활히 접근함을 확인했다. 또한 열처리 공정 과정에서 생성된 산화철(Fe_3O_4) 나노입자의 제거 및 산 처리 이후 표면에 형성된 친수성(물 분자와 약하게 결합할 수 있는) 작용기는 또 다른 반응물인 물이 쉽게 접근하도록 만든다는 것을 규명했다.

이와 같이 산소 기체와 물과 같은 반응물이 활성점에 보다 쉽게 접근하도록 하여 $25cm^2$ 전극 면적에서의 삼상계면(촉매 활성점, 수용액, 산소기체) 형성을 도움으로써 촉매의 활성화 손실이 감소했다. 또한, 전극과 전해질 사이의 계면 저항을 줄여 출력 성능이 표면 특성의 개질 전(626 mW cm^{-2})보다 약 2배 정도 증가(1240 mW cm^{-2})함을 확인했다.

GIST 이재영 교수는 “이번 연구는 대면적 전극화에 있어 무탄소 연료전지를 상용화하는 데 걸림돌로 작용하는 전극에서의 촉매 이용률 한계를 극복한 관찰을 보여줬다”며 “고출력이 필요한 운송수단의 전원 등 다양한 활용 가능성이 기대된다”고 말했다.

KBSI 정범균 박사는 “이번 연구는 촉매의 기공 구조와 표면 특성을 통해 촉매 이용률을 높여 액체연료전지의 성능을 크게 개선한 것에 의미가 있다”고 평했다.

GIST 이재영 교수팀이 수행한 이번 연구는 한국연구재단이 지원하는 공학분야 선도연구센터(ERC 에코시스캠 연구센터)와 G-HUB 해외우수연구기관 공동연구사업 지원으로 수행되었으며, 화학공학 기술 분야의 상위 3% 학술지인 '케미칼 엔지니어링 저널(Chemical Engineering Journal)'에 2023년 11월 23일 온라인으로 게재되었다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Chemical Engineering Journal (Impact factor: 15.1, 2022년 기준)
- 논문명 : Pore Surface Engineering of FeNC for Outstanding Power Density of Alkaline Hydrazine Fuel Cells
- 저자 정보 : 배수안 (제1저자, GIST), 박지현 (공동저자, GIST), 봉성율 교수 (공동저자, 공주대), 박진수 교수 (공동저자, 상명대), 정범균 책임연구원 (공동교신저자, KBSI), 이재영 교수 (교신저자, GIST)