	GIST[광주과학기술원] 보도자료 http://www.gist.ac.kr	
보도 일시	배포 즉시 보도 부탁드립니다.	
보도자료 담당	대외협력팀 김미연 팀장	062-715-2020 / 010-5302-3620
	대외협력팀 이나영 행정원	062-715-2024 / 010-2008-2809
자료 문의	지구·환경공학부 이재영 교수	062-715-2579 / 010-9141-1894

흑연나노섬유를 활용해 수소연료전지의 난제인 물 관리 개선에 성공

- 초고온 열처리로 처음 제조된 소수성 탄소나노섬유를 수소연료전지에 적용하여 물 관리 개선 및 백금 귀금속 촉매 수명연장
- GIST 이재영 교수 연구팀, 한전 전력연구원과 공동연구를 통해 Journal of Power Sources에 논문 게재

□ GIST(지스트, 총장 문승현) **지구·환경공학부 이재영 교수 연구팀**이 한국전력공사 전력연구원(원장 배성환)과 공동연구를 통해 **흑연나노섬유를 이용하여 수소연료전지 공기극의 물 관리 문제를 개선**하는데 성공했다.

◦ **수소연료전지**는 애노드(anode)에서 수소산화반응*이, 캐소드(cathode)에서 산소환원반응**이 일어나는 **친환경 고효율 발전 장치**이다. 연료로 주입되는 수소는 수소 이온과 전자로 분해된다. 분해된 전자는 외부회로를 통해 전기를 생산하고, 수소 이온은 수소이온교환막을 통하여 상대극의 공기 속 산소와 반응하여 물을 생산한다.

* 수소산화반응: 수소연료전지 음극에서 발생하는 반응($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$)
** 산소환원반응: 수소연료전지 양극에서 발생하는 반응($1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$)

□ 산소환원반응으로 생성된 물은 수소이온교환막에 적절히 포함되면 수소이온전도도를 향상시키지만, 생성된 물이 과량이 되면 전극 내부에

물이 넘치게 되는 현상(water flooding)이 일어나게 된다. 이는 연료의 물질 전달을 방해하여 수소연료전지의 심각한 성능 저하 요인으로 작용한다.

◦ 연구팀은 전기방사법을 이용하여 탄소나노섬유를 합성하였고 이를 **2500℃의 초고온**에서 열처리하여 탄소를 흑연화하였다. 이어서 흑연나노섬유를 백금/탄소 촉매와 혼합하여 고분산 촉매 잉크를 제조하였고, 이를 스프레이 법으로 전극을 구성하였다.

□ 본 연구팀에서 개발한 **흑연나노섬유가 도입된 수소연료전지 전극은 기존의 백금/탄소 전극만을 사용한 것과 비교하여 과량의 물의 자발적 배출과 공기 속 산소의 공급을 원활**하게 하는 역할을 하였다. 이는 촉매층 내부의 흑연화된 탄소나노섬유가 갖는 소수성 표면과 높은 전기전도도에 기인한 것임을 규명하였다.

□ 이재영 교수는 “흑연나노섬유를 도입하여 물 관리가 개선된 전극은 **탄소 전극의 부식을 상대적으로 억제하여 내구성 향상에도 뛰어난 효과**를 보일 것으로 생각된다” 며 이번 연구 성과를 통해 **백금 귀금속 촉매의 내구성 확보가 가능**하게 되었고, 이는 **수소전기차 제조의 경제성을 높이는데 큰 기여**를 할 수 있을 것으로 기대된다” 고 말했다.

□ **GIST 지구·환경공학부 이재영 교수(교신저자)가 주도하고 정선기 박사과정생(1저자)**이 수행한 이번 연구는 **한국전력공사의 지원**을 받았으며, 에너지·연료 분야의 국제학술지인 Journal of Power Sources **8월 4일(토)자** 온라인판에 게재되었다. <끝>

논문명: Improved water management of Pt/C cathode modified by graphitized carbon nanofiber in proton exchange membrane fuel cell

[붙임] 연구결과 개요, 연구결과 문답, 용어설명, 그림설명 및 연구자 이력사항

연 구 결 과 개 요

1. 연구배경

○ 전 세계적으로 화석연료가 고갈되어짐에 따라 친환경적이며 높은 에너지밀도의 차세대 에너지원인 수소 연료에 대해 많은 관심이 증가하고 있다. 수소 연료를 이용하는 발전 장치인 수소연료전지는 이미 수소전기차 등 다양한 산업에서 상용화 가능성을 보여주고 있다. 하지만 현재 수소연료전지의 보급, 확산을 위해서 해결되어야 할 당면과제로서 전극의 물 관리 문제가 남아있다. 전극 내부의 물 관리가 적절히 이루어져야 물질전달한계(mass transfer limitation)가 개선되어 높은 전력을 얻을 수 있다.

○ 현재 수소연료전지의 전극 촉매 물질로는 탄소지지체에 담지된 백금 촉매를 주로 사용한다. 백금의 높은 가격으로 인해 저백금 담지 촉매를 사용하면서 연료전지의 성능을 유지하는 연구가 주목받고 있다. 전극 내 백금량을 줄이면서도 성능을 유지하려면 전극 내 효율적인 물 관리를 통해 충분한 연료 공급이 이루어져야 가능하다.

2. 연구내용

○ 수소연료전지의 전극 내 물 관리를 위해서 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 기존의 많은 연구에서는 소수성 폴리머를 전극 표면에 코팅하여 전극의 물 배출을 원활히 하는 형태로 진행되어 왔다. 본 연구에서는 탄소나노섬유를 초고온에서 열처리하여 표면 소수성을 갖는 탄소나노섬유를 제조하였고 이를 전극 촉매 제조과정에서 단순히 촉매 물질과 혼합함으로써 복잡한 공정을 거치지 않고도 전극을 개질하는데 성공하였다.

○ 전기방사를 통하여 얻은 탄소나노섬유를 다양한 온도에서 열처리하여 흑연화 과정에서 탄소나노섬유의 물성 변화를 관찰하였다. 그리고 이를 수소연료전지 환원극에 적용하였고, 이어서 막-전극 접합체(Membrane electrode assembly, MEA)를 제조하였다. 연료전지 전압 곡선을 통해 고전류 밀도에서의 물질전달손실의 비교를 통해서 개발한 전극의 물 관리 효과를 확인하였다.

○ 흑연화된 탄소나노섬유를 최적화된 혼합 비율로 전극에 적용하였을 시, 일반 전극과 대비하여 약 18.5%의 향상된 전력 값을 얻을 수 있었다.

3. 기대효과

○ 효율적인 물 관리가 가능한 전극 촉매를 개발하였고 이는 실제 연료전지 스택이 적용된 수소전기차 및 발전용 스테이션 등 다양한 산업계에 적용될 수 있는 기술이다. 또한 물 관리 문제는 연료전지 전극의 내구성과도 밀접한 관련이 있기 때문에, 이번 연구에서 개발한 전극을 연료전지 시스템에 도입한다면 내구성 방면에서도 뛰어난 효과를 보일 것으로 기대한다.

연 구 결 과 문 답

이번 성과 뭐가 다른가	기존의 백금/탄소 전극에 흑연화된 탄소나노섬유를 도입하여 효율적인 물 관리가 가능한 전극을 개발하였다.
어디에 쓸 수 있나	수소연료전지, 수전해 등 화학에너지 저장 및 변환에 관련된 모든 분야에 직간접 적용이 가능하다.
실용화까지 필요한 시간은	복잡한 새로운 공정이 추가되지 않았고, 탄소나노섬유의 대량생산 또한 이미 상당히 개발된 기술이기 때문에 매우 빠른 시일 내에 가능할 것으로 생각된다.
실용화를 위한 과제는	실용화에 있어서는 수소연료전지 스택용 대면적 전극에 최적화하는 연구가 우선적으로 수행되어야 한다.
연구를 시작한 계기는	수소연료전지가 적용된 수소전기차의 보급, 확산을 위해서는 전극 내 물 관리 기술에 대한 개발이 필수적이라는 것을 알게 되어 관련 연구를 시작하였다.
에피소드가 있다면	이번 연구를 통해 개발한 탄소 소재가 백금의 직접적인 담지체가 아닌 전극에서의 다른 역할로도 기능할 수 있다는 것이 흥미롭게 생각되었다.
꼭 이루고 싶은 목표는	다양한 전기화학·촉매 기술을 개발하여 수소 에너지 산업 발전에 기여하고 싶다.
신진연구자를 위한 한마디	수소에너지가 차세대 에너지원으로서 각광을 받고 있지만 아직까지도 수소산업에 대한 인프라 구축이 시급한 상황이다. 이 분야에 많은 학생, 연구자의 관심이 필요하다고 생각한다.

용 어 설 명

1. Journal of Power Sources

○ 에너지・연료(전기화학) 분야의 세계적 권위를 가진 국제학술지(2017년 기준 영향력 지수 6.945)

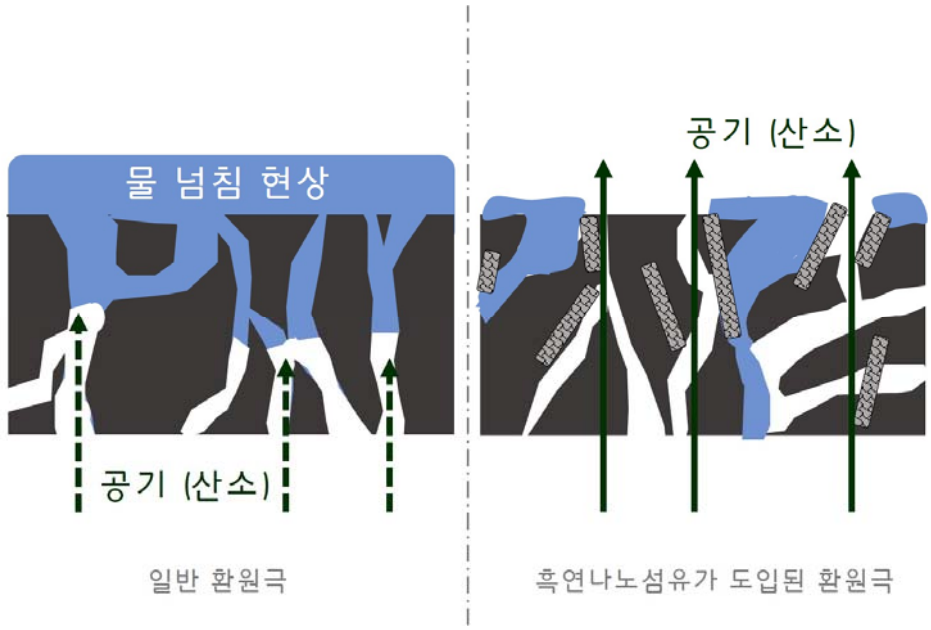
2. 수소연료전지

○ 수소연료전지는 음극에서의 수소산화반응과 양극에서의 산소환원반응이 커플 반응으로 전기를 발생하는 장치이다. 현재 수소연료전지의 확대, 보급을 위해서는 전극의 물 관리, 저백금・고내구성 전극 개발 등 해결되어야 할 문제가 남아있다.

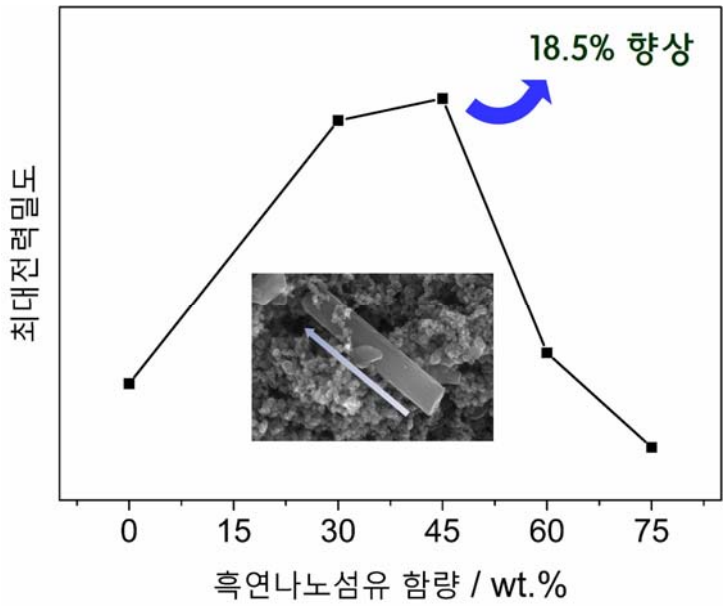
3. 물질전달손실

○ 연료전지의 음극과 양극에 각각 수소와 공기를 공급하면, 연료전지의 운전에 의해 전극 부근의 연료 농도가 감소하게 된다. 이로 인해 감소되는 전압을 물질전달손실이라 한다. 전극 부근에서 수소 및 공기가 잘 순환되어야 하고 신속하게 재공급되어야만 이와 같은 전압의 감소를 최소화할 수 있다.

그 림 설 명



(그림1) 흑연화된 탄소나노섬유가 환원극 내에서 공기 전달을 원활하게 하는 역할을 표현한 모식도



(그림2) 흑연화된 탄소나노섬유의 함량에 따른 막-전극 접합체 최대전력밀도의 volcano curve 및 전극의 주사전자현미경 이미지