

이종원소 도핑을 통한 카본계 고효율 전기화학촉매 개발 기술

장동욱 | 부경대학교 공업화학과 (E-mail: dwchang@pknu.ac.kr)

최근 이종원소 도핑(heteroatom doping) 방식을 활용하여, 산소환원반응(ORR), 산소발생반응(OER) 및 수소발생반응(HER) 등에 대하여 우수한 성능 및 향상된 안정성의 구현이 가능한 그래핀계 전기화학촉매 개발 기술이 *Advanced Materials* 지에 발표되었다.

기존에 널리 사용되고 있는 고가의 백금 계열의 전기화학촉매들이 지니고 문제점들을 해결하기 위하여 여러 신규 촉매들의 개발이 최근 널리 추진되고 있다. 특히, 카본나노튜브 및 그래핀 등과 같은 카본계 나노물질들에 대한 많은 관심이 대두되고 있는데, 이는 이들이 지니고 있는 넓은 표면적, 우수한 기계적 및 열적 특성 그리고 높은 안정성 등의 다양한 장점들에 기인한다. 또한, 카본계 나노물질들의 향상된 촉매 특성의 구현을 위해서는 카본(C)으로 이루어진 이들의 기본적인 화학 구조에 보론(B), 황(S) 또는 질소(N) 등과 같은 이종원소의 도핑을 필요로 한다.

이와 같은 카본계 전기화학촉매들은 특히 산소 환원반응(oxygen reduction reaction, ORR), 산소발생반응(oxygen evolution reaction, OER) 그리고 수소발생반응(hydrogen evolution reaction, HER) 반응들에 우수한 특성을 나타내며, 이 중 ORR 반응은 연료전지에 적용되며, OER 및 HER 반응은 금속공기전지 또는 전기화학적 물분해 분야에 널리 사용된다.

최근 미국 Case Western Reserve 대학의 Liming Dai 교수 연구팀은 여러 유무기 전구체들의 열처리 및 선택적 제거 과정을 통하여, N 및 S 원소가 동시에 도핑된 입체 기공 구조를 지닌 기능성 그래핀(SHG)의 합성에 성공하였다(그림 1). 합성된 SHG는 넓은 표면적 및 다공성을 지니고 있을 뿐만 아니라 활성 부위들이 표면에 다량 존재하는 특징을 나타내었다. 이러한 장점들에 기인하여 SHG는 유망한 ORR/OER/HER의 세가지 반응에 대하여 모두 우수한 전기화학적 활성도 및 높은 안정성의 구현이 가능하였고, 특히 ORR 반응에서는 상업적인 백금(Pt/C) 촉매와 거의 유사한 성능을 나타내었다(그림 1).

이러한 연구 결과는 이종원소를 이용한 화학적 도핑 및 입체 구조의 조절 등의 구조-물성 간의 상관관계의 최적화를 통하여 우수한 성능을 지닌 카본계 전기화학 촉매들의 개발 가능성을 증명하고 있다. 따라서, 향후 이종원소가 도핑된 카본계 나노물질들이 현재 널리 사용되는 값비싼 귀금속계 촉매들을 대체하여 보다 저렴하고 우수한 성능의 구현이 가능한 연료전지, 금속공기전지 등의 다양한 응용 분야에 널리 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

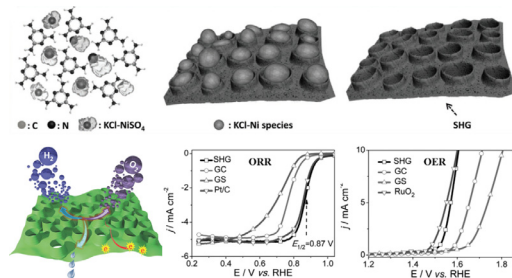


그림 1. Stereoscopic hole 구조를 갖는 이종 원소들이 도핑된 그래핀 시트의 합성 및 전기화학 소자 특성.

본 연구결과는 저널 *Advanced Materials* 지에 "Multifunctional carbon-based metal-free electrocatalysts for simultaneous oxygen reduction, oxygen evolution, and hydrogen evolution"

이라는 제목으로 2017년 3월 게재되었다

(DOI: 10.1002/adma.201604942).