이 자료는 **즉시** 보도해 주시기 바랍니다.			배포번호 2020-04
KIGAM 한국지질자원연구원 Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources **보도자료** 내일을 위한 정부혁신 보다 나은 정부 I-KOREA 4.0 사람 중심의 4차산업혁명 실현			
배포일시	**2020.03.11.(수) 09:00**	**매 수**	**총 7 매**
연구자 (교신저자)	광물자원연구본부 자원활용연구센터 장희동 책임연구원(hdjang@kigam.re.kr) (042)868-3612 / 010-8802-7487	**홍보실**	최병관 홍보실장 (bkchoi@kigam.re.kr) (042)868-3273 / 010-9400-0020 강현철 선임행정원 (toy156@kigam.re.kr) (042)868-3277 / 010-7583-1912

지질자원硏, '차세대 칼륨 및 나트륨 이온 전지용 활성 그래핀 제조 기술' 세계 최초 개발

▶ 지질자원硏 장희동 박사 연구팀, **그래핀의 결정구조를 활성화**시켜 고효율의 안정성을 갖는 **칼륨 및 나트륨 이온 전지용 응용기술 세계 최초 개발**

- 에너지저장소재 분야 최고 저널인 Advanced Energy Materials (IF 24.884)에 게재

▶ 에어로졸 공정에 의해 제조된 **구겨진 종이공 형상의 그래핀 산화물을 부분 환원 및 저온 산화 공정을 통해 활성 그래핀을 최초로 제조**한 연구 성과

□ **'꿈의 나노 물질·꿈의 신소재'**라 불리는 **그래핀(Graphene)[1]을 칼륨과 나트륨 이온 전지용 소재로 적용한 응용기술이 세계 최초로 개발**됐다.

□ 한국지질자원연구원(원장 김복철, KIGAM) 장희동 박사 연구팀과 미국 조지아공대 이승우 교수팀은 **에어로졸 공정으로 제조된 구겨진 종이공 모양의 그래핀 산화물을 부분 환원 및 저온 열처리 활성화 과정을 통해 칼륨 및 나트륨 이온 전지용 소재에 적용하는데 성공**했다.

□ 현재 널리 활용되고 있는 이차 전지인 리튬 이온 전지의 대체재로 **고효율의 높은 안정성을 갖고 있는 칼륨 및 나트륨 이온 전지[2]의 개발이 요구**되고 있다. 특히 2차원 구조 나노소재로서

1) 탄소 원자가 벌집 모양으로 배열된 얇은 막 형태의 나노 소재. 연필심의 재료인 흑연은 탄소가 층으로 쌓여 있는 '단일층' 구조인데 이 흑연의 한 층을 '그래핀(Graphene)'이라 부른다. 그래핀은 전기가 잘 통하고, 열전도성이 높다.

2) 칼륨이온배터리는 전압이 높고 에너지 밀도가 크다. 나트륨이온배터리는 안전하고 가격이 싸며 원료 확보가 용이해 차세대 대용량 배터리의 대체재로 주목받고 있다.

강도, 열전도율, 전기전도도 등에 있어 현존하는 물질 중 가장 뛰어난 소재인 그래핀이 새로운 전극 물질로서 주목 받고 있기에 이번 연구 성과가 의미하는 바가 크다고 할 수 있다.

□ 장희동 박사 연구팀은 **구조·화학적으로 안정한 구겨진 종이공 형상의 그래핀 결정 구조를 조절·활성화시켜 칼륨 및 나트륨 이온 전지용으로 적용**했다. 활성 그래핀을 사용한 이온 전지는 높은 저장 용량, 고속 충방전 및 장시간 안정성 등의 우수한 물성을 나타냈다.

○ 특히, 이번 연구의 **활성 그래핀은 에어로졸 공정으로 제조된 구겨진 종이공 형상의 그래핀 산화물을 부분 환원 및 저온 열처리를 통해 활성화시킨 것으로 세계 최초로 시도된** 것이다.

□ 연구팀은 **제조된 활성 그래핀의 전기화학 특성 평가 후 밀도함수 이론 분석을 수행**했다. 그 결과 **적용된 기술이 칼륨 및 나트륨 이온 전지로 모두 매우 우수한 물성을 나타내고 있음을 확인**했다.

○ 특히 칼륨 이온 전지는 가역 정전 용량이 340 $mAhg^{-1}$ 이었고, 나트륨은 280 $mAhg^{-1}$ 이었으며 8,000 사이클 이후에도 높은 안정성을 유지했다.

□ 기존 연구들에서는 칼륨 및 나트륨 이온 전지의 전극 물질로 흑연을 적용한 연구가 수행됐으나 충·방전시 그 속도가 저하돼 장시간 사용 시 효율과 안정성이 낮아지는 문제점이 있었다. 이러한 문제를 해결코자 그래핀을 사용한 연구가 시도됐으나 **그래핀 시트 간의 재적층 현상[3]으로 인해 우수한 물성의 결과물을 얻지 못했다.**

○ 이러한 점에 착안한 연구팀에서는 **재적층이 발생하지 않는 구겨진 종이공 형상의 물성이 좋은 활성 그래핀을 제조해 기존 연구의 한계점을 극복했다.**

3) 2차원 구조의 그래핀들이 서로 붙어 다시 적층(층층이 쌓임)돼 우수한 특성을 잃어버리는 문제점이 발생

□ 연구팀은 이번 연구 결과가 **차세대 에너지 저장 장치의 전극 소재로서, 칼륨 및 나트륨 이온 전지의 실질적 활용 가치를 증명**했다는 점에서 큰 의의를 두고 있다. 더불어 향후 **기술 실용화와 상용화가 이뤄질 경우 기존 리튬 이온 저장 장치를 대체** 할 수 있는 수십 조 원 이상의 경제적 효과가 창출될 것으로 기대하고 있다.

□ 교신저자인 장희동 박사는 “이번 연구 결과는 활성 그래핀을 활용한 칼륨 및 나트륨 전극 소재가 차세대 이차 전지의 원료 소재로 높은 활용 가능성을 보여주었다는 점에서 가치가 있다”고 말하며, “자원빈국인 우리나라가 차세대 에너지저장장치를 선도할 수 있도록 기술 실용화에 최선을 다하겠다”고 밝혔다.

□ 한국지질자원연구원 김복철 원장은 “이번 연구는 그동안 광물자원 활용분야의 그래핀 복합체 제조기술 연구의 결정체로 향후 에너지저장장치에 바로 적용될 수 있는 우수한 연구성과다”고 강조하며, “이러한 연구 결과를 실용화하고 상용화해 국가와 국민이 유용하게 활용할 수 있는 연구 성과 창출을 위해 모든 연구자가 노력하겠다”고 말했다.

□ 한국지질자원연구원의 이번 연구성과는 에너지 저장소재 분야 세계 최고 저널인 Advanced Energy Materials (IF 24.884)에 실렸으며, KIGAM 장희동 박사팀과 미국 조지아공대 이승우 교수팀과의 공동 연구를 통해 얻어진 결과이다.

※ 참고자료

1. 연구내용 설명 (4-5쪽)
2. 그림설명 (6쪽)
3. 연구자 이력사항 (7쪽)

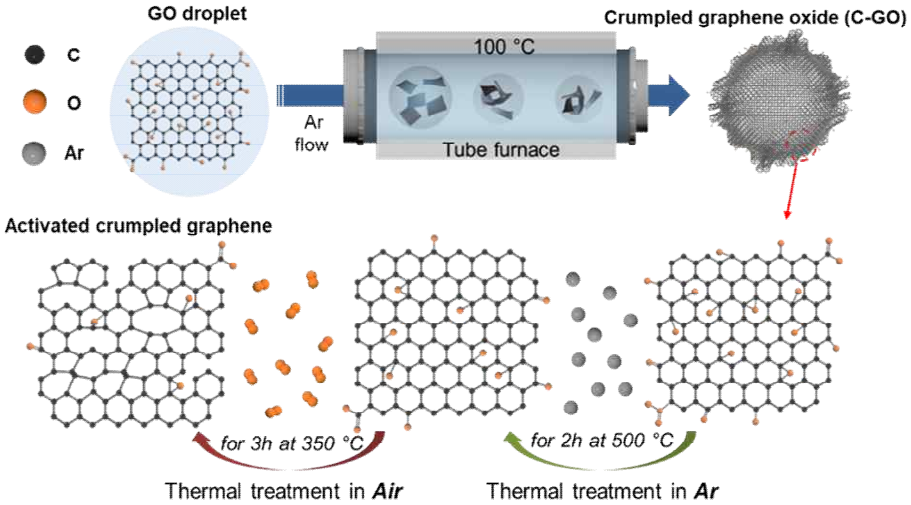
연구 내용 설명

논문명/저널명	High Capacity Adsorption–Dominated Potassium and Sodium Ion Storage in Activated Crumpled Graphene Advanced Energy Materials (IF: 24.884), 온라인판 2020.2.24. 게재 https://doi.org/10.1002/aenm.201903280
저자정보	Byeongyong Lee, Myeongjin Kim, Sunkyung Kim, Jagjit Nanda, Seok Joon Kwon, *Hee Dong Jang, David Mitlin, Seung Woo Lee
연구내용 보충설명	■ 현재 널리 사용 중인 에너지 저장 장치인 리튬 이온 이차 전지는 전극 및 전해질로 사용되는 물질인 리튬이 고가이며 그 매장량 또한 유한하여 미래에 수요에 공급이 어려울 것을 판단되어 리튬의 대체를 통한 새로운 에너지 저장 장치의 개발이 요구 되고 있다. 이에 가격이 저렴하며 매장량이 풍부한 칼륨 및 나트륨을 이용한 차세대 에너지 저장 장치가 높은 관심을 받고 있다. 칼륨 및 나트륨 이온 전지의 개발 시 고효율 전극 재료의 개발 또한 요구되고 있는데 2차원 구조 나노소재로서 강도, 열전도율, 전기전도도 등 여러 가지 특징이 현존하는 물질 중 가장 뛰어난 소재인 그래핀이 새로운 전극 물질로서 주목 받고 있다. ■ 본 연구에서는 구조적 및 화학적으로 안정한 구겨진 종이공 형상의 그래핀의 결정 구조를 조절하고 활성화시켜 높은 저장 용량, 고속 충방전 및 장시간 안정성을 갖는 칼륨 및 나트륨 이온 전지로 적용한 기술을 세계 최초로 개발하였다. 본 연구에 사용한 활성 그래핀은 에어로졸 공정에 의해 제조된 구겨진 종이공 형상의 그래핀 산화물을 부분 환원 및 저온 열처리 공정을 통해 활성화시킨 것으로 세계 최초로 시도된 것이다. 이와 같이 제조된 그래핀의 전기화학 특성 평가 및 밀도함수 이론 분석을 수행한 결과 칼륨 및 나트륨 이온 전지로서 모두 매우 우수한 물성을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

연구 내용 설명

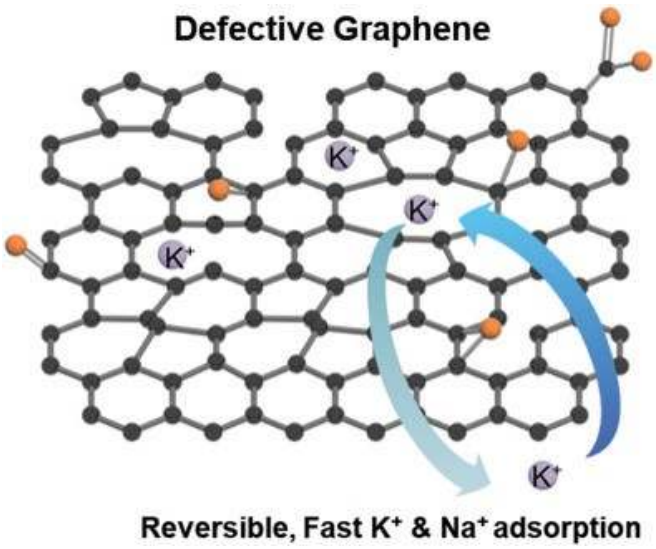
연구 이야기	**[연구 배경]** 초기의 칼륨 및 나트륨 이온 전지 연구들에서는 전극 물질로 흑연을 이용한 연구가 수행 되었으나 층상 구조인 흑연으로 인해 충방전시 확산제어 메커니즘이 지배적이었으며 그 속도가 낮아 장시간 사용시 효율과 안정성이 낮아지는 단점이 있었다. 이를 개선코자 그래핀을 사용한 연구가 시도 되었는데 그래핀 시트 간의 적층 문제로 우수한 물성을 얻지 못하였다. 이에 본 연구에서는 적층이 발생하지 않는 구겨진 종이공 형상의 그래핀을 제조하고 그의 결정 구조 제어 및 활성화를 통하여 기존의 문제점들을 극복할 수 있었다. **[연구 과정]** 이번 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업(주요 연구사업)으로 수행된 그래핀 복합체 제조기술개발 연구에서 아이디어를 얻어 국제 공동연구를 통해 수행하게 됐다. 적층이 되지 않은 구겨진 종이공 형상의 그래핀을 활성화 시켜 칼륨 및 나트륨 이온 전지에 적용한 연구 결과는 장희동 박사팀과 미국 조지아공대의 이승우 교수 팀이 3년 동안 상호 방문 및 유선, 이메일을 통한 연구협의에 의해 얻어진 결과이다. **[이번 성과의 차별성]** 이번 연구 성과는 활성화 처리된 구겨진 종이공 형상의 그래핀을 세계 최초로 제조 후 칼륨 및 나트륨 이온 전지로 적용한 결과 전기화학적 성능이 기존 연구 결과 대비 매우 우수한 결과를 얻을 수 있었으며 향후 높은 활용 가능성을 보여주었다는 점에서 차별성이 있다. **[향후 연구계획]** 지속적인 국제공동 연구를 통해 보다 더 우수한 그래핀 기반 에너지 저장 소재의 개발을 수행할 계획이다.

그 림 설 명



(그림 1). 활성화된 구겨진 형상의 그래핀(A-CG) 합성과정 모식도

그림 설명: 그래핀 산화물이 포함된 액정으로부터 에어로졸 공정에 의해 제조된 구겨진 종이공 형상의 그래핀 산화물과 이를 저온 열처리에 의한 부분 환원 및 산화 공정을 통해 활성화 그래핀을 제조하는 공정 개요도를 나타낸 그림.



(그림 2). 결정 구조 제어된 그래핀에 흡착되는 알칼리 이온의 흡착 모식도

그림 설명: 부분 환원 및 활성화 공정 통해 결정 구조가 제조된 그래핀의 결정 내부에 알칼리 이온(칼륨, 나트륨)이 이동되는 경로를 나타낸 그림.

연구자 이력사항

▸성 명: 장희동

▸소 속: 한국지질자원연구원 광물자원연구본부
책임연구원(영년직연구원/우수연구원)

▸연락처: 042-868-3612

▸이메일: hdjang@kigam.re.kr



▸학력

○ 1993. 서강대학교 공학박사

○ 2005. 히로시마대학교 공학박사

▸경력 및 상훈

○ 1996. UCLA 박사후 연구원

○ 2009. Northwestern Univ. 방문 연구원

○ 2014. 국제에어로졸 연구협회 Fissan-Pui-TSI Award 수상(한국인 최초)

○ 2018. 과학기술포장 수상

▸주요 논문

○ 국내외 논문 200편 발표

- 대표논문 (Compression and Aggregation-Resistant Particles of Crumpled Soft Sheets, Cover page, ACS Nano, 2011)

▸주요 연구 분야

○ 광물자원으로부터 에너지/환경 소재의 제조 및 응용 기술개발