

보도자료



미래를 개척하는 지식 공동체

서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

보도일시	즉시/제한없음
	2023. 1. 19.(목)
문의	연구단/연구책임자: 화학부 임종우 교수(02-880-2236) 교신저자, 정기영 박사 (RIST) 교신저자
	연구단/연구진 조수근 연구원(02-880-2237) / 제1저자

국내 연구진, 나노 화학 이미징으로 리튬 이온 배터리 양극재 생산 및 성능 향상 이끈다 -양극재 합성의 주요 반응 경로를 제시하다-

■ 요약

연구 필요성	<p>현재 전기차에 사용되고 있는 리튬이온 배터리의 성능과 가격은 가장 비싼 소재인 양극재의 품질에 따라 크게 좌우됨. 특히, 하이니켈 양극재는 용량이 크기 때문에 국내 이차전지 업체들이 가장 핵심적으로 추진하는 프리미엄 제품임. 하이니켈 양극재의 합성 공정 조건이 매우 까다롭고, 품질을 더욱 향상시킬 필요가 있기 때문에, 많은 연구진이 합성 메커니즘 비법을 밝혀내고자 하였음.</p> <p>특히, 하이니켈 양극재는 고온에서 니켈/코발트/망간 원소가 섞여 있는 전구체 내부에 리튬과 산소를 넣는 합성 공정 (소성과정, calcination)의 난이도가 매우 높음. 니켈/코발트/망간은 리튬과 산소와 반응성이 각기 다르기 때문에, 이를 이해하고 제어하는 것은 근원적으로 어려움. 이를 제대로 제어하지 못할 경우, 하이니켈 양극재의 품질이 떨어지게 됨.</p> <p>니켈/코발트/망간 전구체가 리튬 및 산소와 어떻게 반응하는 지를 이해하는 연구와 이를 효율적으로 넣을 수 있는 메커니즘 이해가 필요함. 하지만 아직까지 이에 대해 조사할 수 있는 연구가 진행되지 못함.</p>
연구성과/기대효과	<p>본 연구진은 하이니켈 양극재 합성 과정에서 리튬과 산소가 들어가는 과정을 화학나노 이미징 기법을 통하여 최초로 관측하는데 성공하였음.</p> <p>방사광 가속기 기반 X선 현미경을 활용하여 합성중에 니켈/코발트/망간이 어떻게 리튬과 산소와 반응하는지 이미징에 성공하였음. 이를 바탕으로 고품질 양극재로</p>

	<p>합성될 수 있는 메커니즘을 규명하였음.</p> <p>리튬과 산소가 침투되는 도중, 반응 중간체 표면과 내부가 매우 많은 종류의 국소 구조를 가지게 되는 것을 규명하였고, 리튬과 산소의 투과를 니켈/코발트/망간 각각 어떻게 막게 되는지를 밝힘으로써 양극재 소성과정 전체 메커니즘을 완성하였음.</p> <p>리튬과 산소가 침투하는 온도보다 더 낮은 온도에서 니켈/코발트/망간 전구체의 분해가 일어나는데, 전구체 내부 깊숙이 산소가 투과되지 못한 곳에선 니켈이 락솔트 (rock-salt) 니켈-산화물로 변하는 것을 발견함. 온도를 더 올리더라도 락솔트 니켈-산화물이 리튬의 침투를 막아 양극재내 리튬 균일성을 저해하는 원인을 찾아냈음.</p> <p>이를 제어하면 고성능 리튬이온 배터리 양극재 생산 및 공급 경쟁력을 대폭 높일 것으로 기대됨.</p>
--	---

■ 본문

□ 실험 동기 및 내용

- 현재 전기차에 사용되고 있는 리튬이온 배터리의 성능과 가격은 가장 비싼 소재인 양극재의 품질에 따라 크게 좌우됩니다. 특히, 하이니켈 양극재는 용량이 크기 때문에 국내 이차전지 업체들이 가장 핵심적으로 추진하는 프리미엄 제품입니다. 하이니켈 양극재의 합성 공정 조건이 매우 까다롭고, 품질을 더욱 향상시킬 필요가 있기 때문에, 많은 연구진이 합성 메커니즘 비법을 밝혀내고자 해왔습니다.
- 특히, 하이니켈 양극재는 고온에서 니켈/코발트/망간 원소가 섞여 있는 전구체내부에 리튬과 산소를 넣는 합성 공정 (소성과정, calcination)의 난이도가 매우 높습니다. 니켈/코발트/망간은 리튬과 산소와 반응성이 각기 다르기 때문에, 이를 이해하고 제어하는 것은 근원적으로 어렵습니다. 이를 제대로 제어하지 못할 경우, 하이니켈 양극재의 품질이 떨어지게 됩니다.
- 따라서 니켈/코발트/망간 전구체가 리튬 및 산소와 어떻게 반응하는 지를 이해하는 연구와 이를 효율적으로 넣을 수 있는 메커니즘 이해가 필요합니다. 하지만 아직까지 이에 대한 연구는 진행된 적이 없습니다.

- 본 연구진은 하이니켈 양극재 합성 과정에서 리튬과 산소가 들어가는 과정을 화학나노 이미징 기법을 통하여 최초로 관측하는데 성공하였습니다.
- 방사광 가속기 기반 X선 현미경을 활용하여 합성중에 니켈/코발트/망간이 어떻게 리튬과 산소와 반응하는지 이미징에 성공하였습니다. 이를 바탕으로 고품질 양극재로 합성될 수 있는 메커니즘을 규명하였습니다.
- 리튬과 산소가 침투되는 도중, 반응 중간체 표면과 내부가 매우 많은 종류의 국소 구조를 가지게 되는 것을 규명하였고, 리튬과 산소의 투과를 니켈/코발트/망간 각각 어떻게 막게 되는지를 밝힘으로써 양극재 소성과정 전체 메커니즘을 완성하였습니다.
- 리튬과 산소가 침투하는 온도보다 더 낮은 온도에서 니켈/코발트/망간 전구체의 분해가 일어나는데, 전구체 내부 깊숙이 산소가 투과되지 못한 곳에선 니켈이 락솔트 (rock-salt) 니켈-산화물로 변하는 것을 발견했습니다. 온도를 더 올리더라도 락솔트 니켈-산화물이 리튬의 침투를 막아 양극재내 리튬 균일성을 저해하는 원인을 찾아냈습니다.
- 이를 제어하면 고성능 리튬이온 배터리 양극재 생산 및 공급 경쟁력을 대폭 높일 것으로 기대됩니다.
- 본 연구는 국제학술지 Advanced Materials에 1월 18일 논문으로 게재 되었습니다.

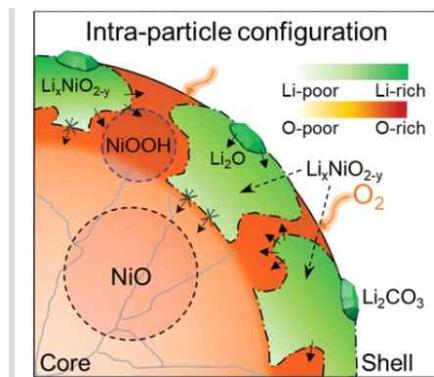
[Full Access](#)

Solid-State Reaction Heterogeneity During Calcination of Lithium-Ion Battery Cathode

Sugeun Jo, Jeongwoo Han, Sungjae Seo, Oh-Sung Kwon, Subin Choi, Jin Zhang, Hyejeong Hyun, Juhyun Oh, Juwon Kim, Jinkyu Chung, Hwiho Kim, Jian Wang, Junho Bae, Junyeob Moon, Yoon-Cheol Park, Moon-Hi Hong, Miyoung Kim, Yijin Liu, Il Sohn, Keeyoung Jung, Jongwoo Lim

2207076 | Version of Record online: 18 January 2023

<https://doi.org/10.1002/adma.202207076>



High-temperature calcination used for Li-ion battery particle synthesis is chemically imaged. Various parallel and serial combinations of heterogeneous reactions, such as the thermal aerobic/anaerobic decomposition, Li_2CO_3 decomposition, Li_2O insertion/diffusion, and O_2 insertion/diffusion, prevail during the calcination reaction. The anaerobic decomposition of the precursor core slows down Li_2O incorporation.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

○ 본 연구는 한국연구재단, 한국에너지기술평가원, 그리고 삼성미래기술육성사업 지원으로 수행되었습니다.

□ 자연과학 및 국제교류등의 영향

○ 그동안 이차전지 분야는 공학계열의 연구가 주요한 성능향상을 이끌어 왔습니다. 그러나 더 이상 공학적인 관점만으로는 배터리의 성능 개선에 한계가 다가오고 있다는 관점이 대두되고 있었습니다. 특히 자연과학적인 메커니즘 이해가 차세대 고성능 배터리의 발전에 필요하다고 여겨지고 있습니다. 이런 가운데 본 연구는 자연대 화학과에서도 산업계에서 주목하고 있는 차세대 이차전지분야의 발전에 큰 기여를 하여 공학적으로 풀지 못한 이차전지 분야의 문제를 해결했다는 것에 큰 의미가 있습니다. 지금까지 놓쳐왔던 혁신을 자연과학을 통하여 보여줄 수 있음을 보여준 예시입니다. 이는 자연과학 분야 연구를 통해 산업계가 당면한 문제 타개를 꿈꾸는 학생들에게도 시사하는 바가 크다고 생각합니다.

○ 본 연구진이 제시한 합성과정에서 일어나는 국소 구조에 대한 새로운 메커니즘은 기존의 시행착오식 성능 개선 방식에서 벗어나, 새로운 합성 가이드라인을 제시했다는 점에서 의의를 들 수 있습니다.

□ 연구결과

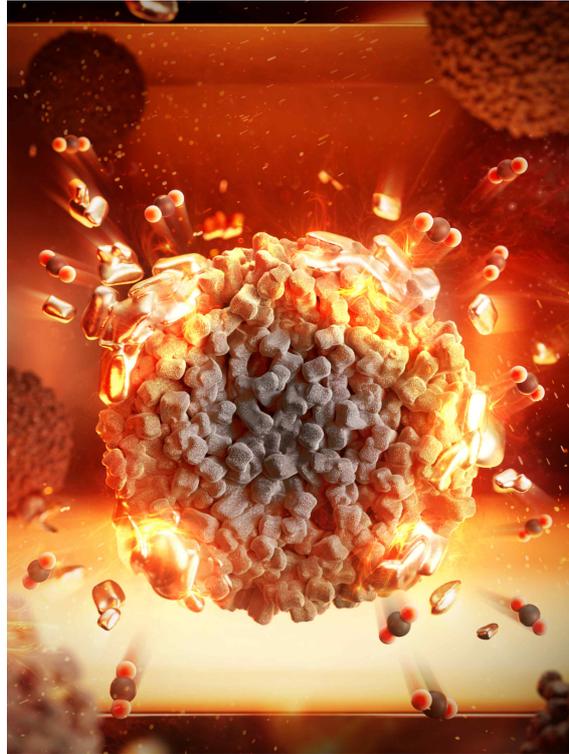
※ 연구성과에 대한 개괄적인 내용 서술

Solid-State Reaction Heterogeneity During Calcination of Lithium-Ion Battery Cathode

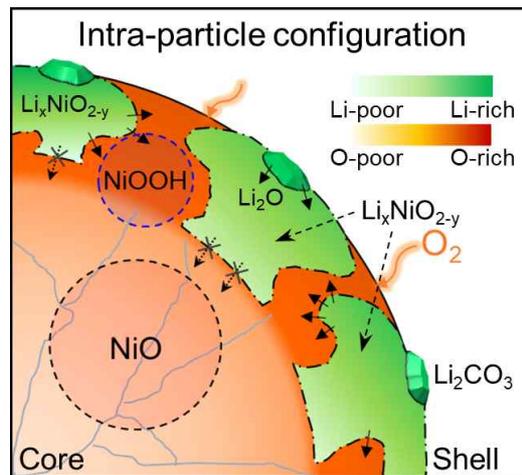
현재 전기차에 사용되고 있는 리튬이온 배터리의 성능과 가격은 가장 비싼 소재인 양극재의 품질에 따라 크게 좌우됩니다. 특히, 이차전지 업체들이 가장 핵심적으로 추진하는 프리미엄 제품인 하이니켈 양극재는 합성 공정이 매우 까다로운데, 이 합성 공정 중 고온에서 니켈/코발트/망간 원소가 섞여 있는 전구체내부에 리튬과 산소를 넣는 합성 공정 (소성과정, calcination)의 난이도는 매우 높습니다. 본 연구진은 하이니켈 양극재 합성 과정에서 리튬과 산소가 들어가는 과정을 화학나노 이미징 기법을 통하여 밝혀내었고, 전구체 내부 깊숙이 산소가 투과되지 못한 곳에선 니켈이 락솔트 (rock-salt) 니켈-산화물로 변하는 것을 발견했습니다. 온도를 더 올리더라도 락솔트 니켈-산화물이 리튬의 침투를 막아 양극재내 리튬 균일성을 저해한다는 사실을 밝혀 냈습니다. 이를 제어하면 고성능 리튬이온 배터리 양극재 생산 및 공급 경쟁력을 대폭 높일 것으로 기대 합니다.

□ 그림설명

1. 논문 관련 그림

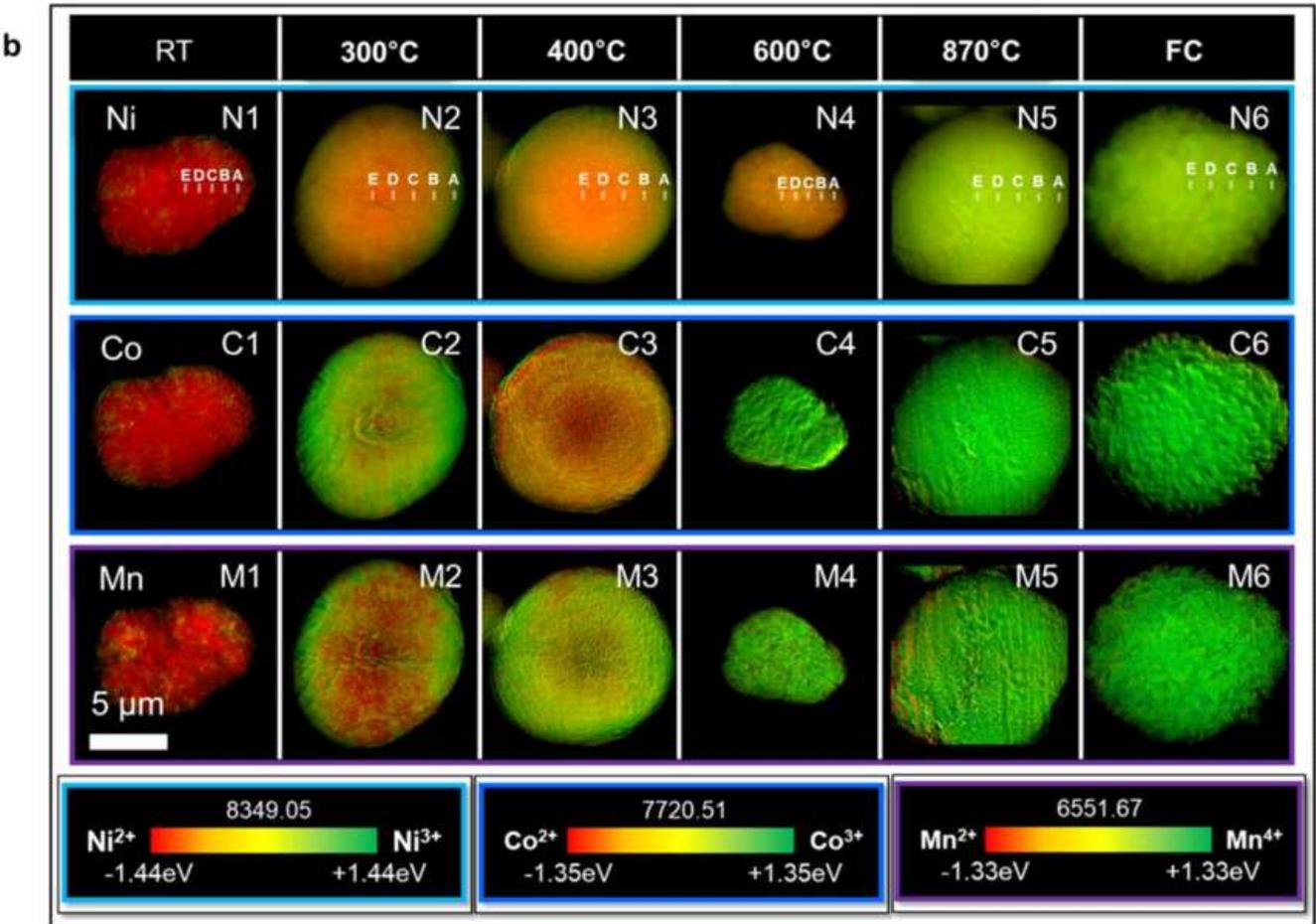
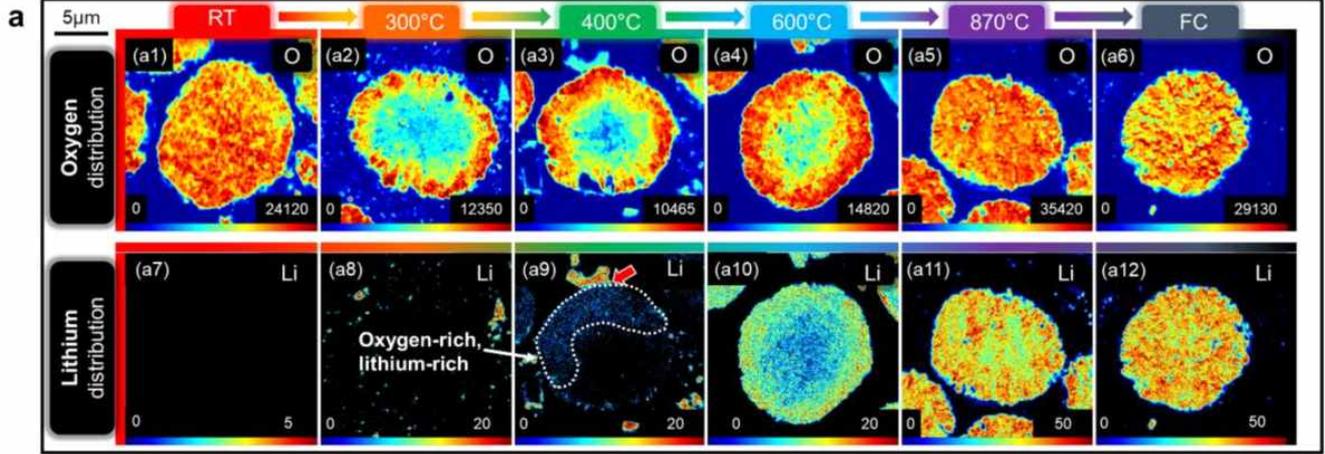


<그림 1> 해당 논문 연구 설명하는 일러스트레이션

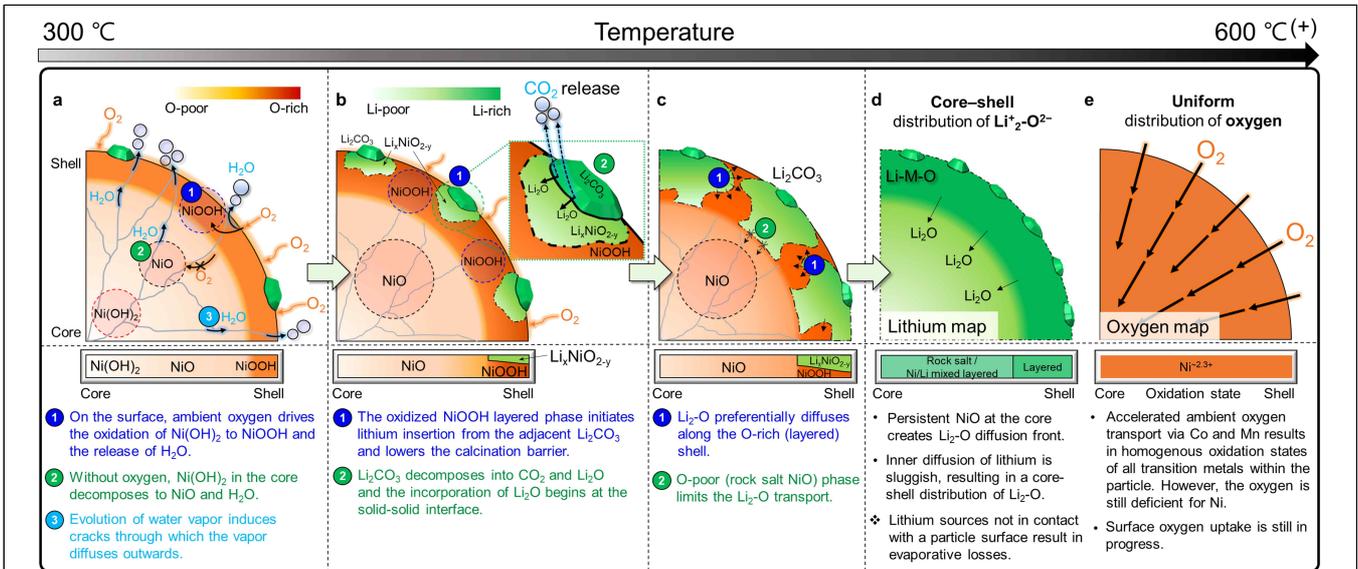


<그림 2> 해당 논문의 대표 이미지

<그림 3> 해당 연구에서 제시한 양극재 합성 시 리튬과 산소가 들어가는 이미징 측정 결과



<그림 4> 해당 연구에서 제시한 양극재 합성시 니켈/코볼트/망가니즈의 산화수 이미징 측정 결과



<그림 5> 해당 연구에서 제시한 나노 구조 제어 규칙 그림

□ 교신저자

- 성 명 : 임종우 교수
- 소 속 : 서울대학교 화학부 교수
- 연락처 : 02-880-2236, jwlim@snu.ac.kr

□ 교신저자

- 성 명 : 정기영 박사
- 소 속 : 포항산업과학연구원 (RIST)
- 연락처 : 054-279-6727, keeyoung.jung@rist.re.kr