

보도자료



보도일시	즉시
	2023. 8. 22.(화)
문의	연구단/연구책임자: 화학부 임종우 교수(02-880-2236) 교신저자
	연구단/연구진 현혜정 연구원(02-880-2237) / 제1저자

서울대-LG에너지솔루션 공동연구진, 리튬 이차전지 저장수명 연장 전략 제시

-충전상태로 보관되는 배터리의 성능저하 메커니즘 규명

■ 요약

연구 필요성	<p>리튬 이차전지 기반 전기자동차 시장의 확대와 함께 배터리의 기대수명이 길어지고 있다. 배터리의 실제 수명에는 배터리를 충전 및 방전하며 사용하는 시간과 배터리가 충전된 상태로 방치되는 시간이 복잡하게 얽혀있으며, 배터리를 사용하지 않고 장기간 저장할 때도 시간이 흐르면서 셀의 성능이 퇴화된다. 배터리의 수명에서 저장기간은 불가피하며 비중 또한 상당함에도 불구하고, 저장 중에 발생하는 성능저하("저장퇴화")의 원인은 밝혀진 바 없었다.</p> <p>저장퇴화는 양극재 및 음극재의 구조적 열화, 전해질 분해 및 기체 발생 반응과 이들 사이의 복잡한 상호작용으로 발생하며, 배터리가 장기간 저장되는 충전상태에 따라 독특한 양상을 보인다. 한 예로, 전기차 및 전자기기 제조사들은 배터리를 100% 완충한 상태로 장기간 방치할 경우 배터리 수명이 크게 줄어든다고 경고한다. 하지만, 70% 충전상태에서 보관할 때 100% 완충 상태로 보관하는 것보다 수명 초기에 배터리 용량이 빠르게 감소한다는 결과가 있을 정도로, 저장퇴화에서 나타나는 특이현상은 그간 이차전지 및 전기차 업계에서 풀리지 않는 수수께끼로 남아있었다. 장수명 이차전지 개발을 위해서는 셀 내에서 발생하는 다양한 열화현상이 셀 성능에 미치는 역할을 바탕으로 저장퇴화의 근원을 명료하게 밝히고, 이를 기반으로 한 저장퇴화 억제 전략 연구가 필수적이다.</p>
-----------	---

<p>연구성과/ 기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 본 연구진은 리튬 이차전지가 충전된 상태로 시간이 흐를 때 “저장퇴화” 되는 수수께끼를 풀어냈으며, 이를 바탕으로 이차전지의 저장 수명을 연장할 수 있는 전략을 제시하였다. - 배터리를 100% 완충 상태로 보관할 때 70% 충전상태에서 보관할 때 보다 초기 용량이 잘 유지되는 반직관적인 저장퇴화 양상의 근원적 이유를 밝혀냈다. - 100% 완충 상태에서 보관 이후 배터리 용량은 잘 유지되더라도, 저장 중 기체 발생과 양극재 열화가 심각하게 진행되어 추후 사이클 중 하이니켈 양극재의 격자 변형이 심화되는 것을 발견하였다. - 100% 완충에 가까운 충전상태를 미세하게 제어하여 저장퇴화를 효과적으로 억제할 수 있는 저장프로토콜을 고안하였다. - 재료 고도 분석 기법과 셀 내부 기체분석 결과를 통합함으로써 양극재 및 음극재의 열화, 전해질 분해 반응 등이 시간에 따른 셀 성능퇴화에 미치는 영향을 밝혔다. 특히 하이니켈 양극재의 구조적 열화와 이에 수반되는 전해질 분해 반응이 배터리 성능에 미치는 역설적인 영향을 최초로 규명하였으며, 배터리의 충전상태별 고유한 저장퇴화 기작을 밝혔다. - 본 연구에서 규명한 저장 중 양극재의 구조적 열화 및 저장퇴화 메커니즘을 바탕으로 이차전지 제조를 비롯하여 배터리 관리 관점에서 저장퇴화를 억제할 수 있는 전략을 제시함으로써 리튬 이차전지의 수명 연장에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.
------------------------------	--

■ 본문

□ 실험 동기 및 내용

- 전기자동차를 운행하지 않을 때 배터리는 충전된 상태로 방치되며, 개인용 승용차를 기준으로 이러한 저장기간의 비중은 배터리 총 수명의 90%가량을 차지하는 것으로 추산된다. 충전된 상태에서의 장기간 저장은 배터리 성능에 지대한 영향을 끼치기 때문에 이차전지와 전기차 업계는 배터리를 안전하게 저장하는 방안에 주의를 기울여왔다. 특히 저장퇴화는 종종 기존의 통념과 상반되는 경향으로 진행되는데, 예를 들어 70%의 충전상태로 저장할 때 완전히 충전된 상태(100%)에서 저장할 때보다 수명 초기 배터리의 가용 용량이 빠르게 감소하는 양상을 보인다. 본 연구에서는 리튬이차전지의 저장퇴화에서 관찰되는 수명 특이현상의 근본적 원인과 하이니켈 양극재의 구조 열화가 이에 미치는 역설적인 영향을 밝혔다.

- 본 연구진은 방사광 가속기 기반 재료 고도 분석 기법과 기체분석 결과를 통합함으로써 셀 내에 복잡하게 얽혀있는 열화현상이 셀 성능퇴화에 미치는 영향을 명쾌하게 풀어내었다. 저장 퇴화 후 파우치셀을 충전/방전하는 중 실시간 X선 회절분석을 통해 양극과 음극의 리튬 함량을 동시에 분석함으로써 저장 이후 셀 용량 감소의 주된 원인을 밝혔다. 70% 충전상태에서 저장 시, 양극재 열화보다는 음극에서의 전해질 분해 반응이 셀의 용량 감소를 주도하는 것으로 드러났다. 100% 충전상태에서는 하이니켈 양극재의 구조 및 계면 불안정성이 양극재의 열화와 셀 내 기체 발생을 초래하였으나, 저장 초기에는 오히려 배터리의 용량 저하를 완화하는 역할을 하는 것이 밝혀졌다.
- 본 연구를 통해 저장 중 배터리의 충전상태에 의존하는 저장퇴화의 근원과 양극재의 열화기작을 밝히고, 저장퇴화를 주도하는 열화현상을 완화할 수 있는 배터리 제조 및 관리 전략을 체계적으로 제시하였다.
- 본 연구의 결과는 에너지 분야의 권위 국제학술지 Energy & Environmental Science (영향력 지수 32.5, 환경화학분야 1위 저널)에 8월 7일 논문으로 게재되었다.
- 본 연구는 서울대 연구진과 LG에너지솔루션의 긴밀한 산학협력을 바탕으로 국내 연구진이 주도한 결과라는 의미가 있다.
- 본 연구는 LG에너지솔루션과 연구재단의 지원을 받아 수행되었다.

□ 자연과학 및 국제교류등의 영향

- 재료 고도분석 기법의 활용과 기체발생 메커니즘 이해 등의 기초연구 결과가 산업계의 문제 해결에 대한 실마리를 제공했다는 점에서 기초연구의 중요성을 강조하였다.
- 서울대 연구원들이 포항 방사광가속기연구소의 실시간 및 고분해능 X선 회절, 연/경X선 흡광 분석을 통해 하이니켈 양극재의 열화기작과 그 영향을 밝혔다.
- 캐나다 방사광 가속기 연구소와의 국제 공동연구를 통해 연X선 흡광분석을 수행하였다.

□ 연구결과

Paradoxical role of structural degradation of nickel-rich layered oxides in capacity retention upon storage of lithium-ion batteries

본 연구에서는 방사광 가속기 기반 실시간 X선 회절분석을 이용하여 파우치형 배터리의 비파괴 분석을 수행함으로써 배터리의 장기간 저장이 추후 셀 성능에 미치는 영향을 규명하였다. 나아가 셀 내 기체 발생 연구와 양극재의 고도 분석을 통합적으로 수행함으로써 리튬 이차전지의 저장퇴화는 음극-전해질 계면 불안정성, 충전된 상태에서의 하이니켈 양극의 구조적 불안정성, 그에 따른 격자산소 방출과 전해질 분해반응에 의해 진행됨을 밝혔다. 저장퇴화 중 각 열화 현상의 기여도와 특히 양극재의 열화 양상이 배터리의 충전상태에 크게 의존하는 것으로 드러났으며, 본 연구는 저장퇴화 중 양극재의 구조적 열화와 셀 용량 유지율 사이 모순된 경향을 최초로 보고하였다. 본 연구진은 연구결과를 바탕으로 이차전지의 수명 연장을 위한 전략을 제시하고 이를 실험적으로 검증하였으며, 나아가 전해질의 계면 안정성 향상, 하이니켈 양극재에서의 산소발생 억제, 장기 저장 시 배터리 충전상태 미세조정 등 다방면의 억제 전략이 필요함을 시사하고 있다.