

# 고속 충전 전기자동차용 리튬이온전지의 개발 동향

김기출\*

목원대학교 지능정보융합학과

\*e-mail: kckim30@mokwon.ac.kr

## Development Trends in Lithium-Ion Batteries for Fast Charging Electric Vehicles

Department of Intelligent Information Convergence, Mokwon University

### 요약

전기자동차(EV)는 탈탄소 정책에 매우 효과적이며, EV의 일시적 수요정체(chasm)를 극복하기 위해서는 화재로부터 안전한 리튬이온전지(LIB)와 고속 충전이 가능한 LIB가 개발되어야 한다. 본 연구에서는 10분 내외 충전으로 400~500 km 주행 가능한 고성능 LIB 개발 동향에 대하여 고찰하였다. 특히 높은 전기용량이 가능한 실리콘계 음극소재의 개발 동향에 대하여 고찰하였다. 현재 국내의 실리콘 음극소재 전문기업은 20분 충전에 배터리 용량의 80%를 충전시킬 수 있는 소재를 개발하여 EV용 LIB 제조 사에 공급하고 있으며, 이러한 소재에 기반한 고성능 LIB는 고가의 고성능 전기자동차에 적용되고 있다. 향후 고속 충전이 가능한 높은 전기용량의 저가 음극소재가 개발된다면 EV chasm 극복이 가속화되고, EV 시장이 빠른 시간 내에 확대 가능할 것으로 전망된다.

### 2. 고속 충전용 LIB의 개발 동향

#### 1. 고속 충전용 LIB 개발의 필요성

리튬이온전지(LIB)는 높은 구동전압과 높은 에너지 밀도 등의 특성으로 인하여 스마트폰, 노트북 등의 휴대용 전자기기는 물론 전기자동차 등에도 적용되고 있다. 2050년까지 탄소중립정책 목표를 달성하기 위해서는 수송분야와 전력생산 분야에서 탈탄소화 정책의 추진이 필요하며, 전기자동차(EV)는 탈탄소 정책에 매우 효과적이다(내연기관 자동차보다 4배 이상의 연비가 가능하다)[1,2]. World Economic Forum은 2030년까지 글로벌 배터리 수요가 2.6 TWh에 이를 것으로 전망하고 있으며[3], EV는 최근 배터리 화재 등으로 일시적 수요정체(chasm) 현상이 나타나고 있다. EV chasm의 주요 원인은 배터리 화재에 따른 안전성 문제 및 내연기관 자동차의 주유시간과 비교하여 상대적으로 긴 충전시간과 충전 인프라 부족이 지목되고 있다. 따라서 EV 시장의 고도화를 위해서는 10분 이내에 배터리 용량의 80% 정도 충전이 가능하고, 일회 충전 후 운행 가능한 항속거리도 600 km 이상 가능한 고성능 LIB가 개발되어야 한다.

본 연구에서는 고속 충전이 가능한 전기자동차 LIB의 최근 개발 동향을 고찰한다. 특히 고속 충전용 LIB 음극소재의 개발 동향에 대하여 고찰한다.

LIB 용량의 80% 정도를 10분 내외로 충전이 가능하기 위해서는 현재 상용 LIB에 적용되고 있는 음극재인 흑연보다 이론적 전기용량이 높은 음극소재가 개발되어야 한다. 흑연은 충상구조를 가지고 있으며, 이론적 전기용량이 372 mAh/g이어서, 충전/방전 과정 중에 리튬이온이 비교적 용이하게 출입할 수 있어서 음극소재의 부피 팽창이 10%정도이며, 배터리 용량의 80% 정도를 충전하는데 30~40분 정도가 소요된다. 하지만 30~40분의 충전 시간은 내연기관 자동차의 주유시간 5~10분과 비교하면 일반 소비자에게는 전기자동차의 구입을 미루게 되는 요인으로 작용한다. LIB의 충전시간을 단축시키기 위해서는 이론적 전기용량이 높은 음극소재를 흑연과 복합화하는 전략이 유효하다. 실리콘은 이론적 전기용량이 4200 mAh/g으로 흑연보다 11배 이상 크다. 하지만 실리콘은 충전/방전 과정 중에 부피변화가 400%정도 발생하여 음극소재와 집전체의 전기적 접촉을 열화시키고, LIB의 수명 특성을 열화시키는 문제점이 있다[4]. 이를 해결하기 위해서 기존의 상용 흑연 음극재에 실리콘을 10 wt% 이하로 첨가하는 실리콘 기반의 복합음극이 개발되어 현재 고속충전용 EV LIB가 개발되어 상용 자동차에 적용되고 있다. 실리콘 복합음극 기반의 LIB는 18분 이내의 고속충전으로 배터리 용량의 80% 정도 충전이 가능한 수준이다.

고속충전용 EV LIB를 위한 대부분의 연구는 전기용량이 높은

Si과 전기전도도 특성이 좋은 그래핀 또는 CNT 및 graphite를 복합화하여 Si 복합 음극을 제작하여 부피팽창을 완화시키고, 전기용량을 높이는 방향으로 연구가 진행되고 있다[5]. 국내의 실리콘 음극소재 전문기업은 고순도 Si과 Mg 및 carbon을 복합화한 실리콘 음극재를 개발하여 LIB 제조 전문기업에 공급하고 있다. 이때 높은 전기용량을 갖는 Si을 반도체용 기판을 생산할 때 발생하는 Si slurry를 정제하여 활용하고자 하는 연구도 활발하게 진행되고 있다.

또한 이론적 전기용량은 1950 mAh/g으로 Si보다 작지만 충전/방전 과정 중에 발생하는 부피변화율이 160%로 적은  $\text{SiO}_2$  나노입자를 실리콘 기반 복합음극소재 제작에 적용하는 연구도 다양하게 진행되고 있다[6].

### 3. 차세대 EV 배터리의 개발 전망

차세대 EV 배터리는 1회 충전으로 서울-부산을 왕복할 수 있는(약 900 km) 고용량의 리튬메탈 전고체전지가 될 것으로 전망되며, 글로벌 배터리 업체들은 [그림 1]과 같이 차세대 배터리를 연구개발하고 있다. 이것은 2023년 10월에 전망된 결과이며[7], 2025년 9월 현재 전고체전지가 적용된 EV는 아직 상용화되지 않은 상태이다. 특히 리튬메탈 전고체전지 시장을 누가 선점하는가에 따라 전기자동차 시장은 물론 에너지저장 산업분야에 엄청난 지각변동이 있을 것으로 전망된다. 리튬메탈 전고체전지는 차세대 배터리로 주목받고 있지만 시장에 진입하는 것은 2030년대 중반에야 가능할 것으로[3], 현재 전기자동차용 배터리는 충전시간이 단축되고 높은 전기용량이 가능한 고성능 실리콘계 복합음극 기반의 LIB가 주도할 것으로 전망된다. 또한 화재 발생을 억제하거나 화재전파를 차단하는 배터리 관리시스템(Battery Management System, BMS)이 장착된 고성능 EV LIB가 시장에 주도할 것으로 전망된다.



[그림 1] 차세대 배터리 개발 현황(출처: 매일경제신문, 2023.10.04.)[7]

### 참고문헌

[1] American Chemical Society, Chemistry in Context A

pplying Chemistry to Society (10th Edition), p. 454, Science Plus, 2021, pp.344–381

- [2] Ki-Chul Kim, “A Review of Lithium–Ion Battery Technology and Materials Supply Chain for Energy Storage and Electric Vehicles”, *Journal of the Korea Academic–Industrial cooperation Society*, Vol.25, No.12, p p.813–821, December, 2024.
- [3] F. Degen et al., “Energy consumption of current and future production of lithium–ion and post lithium–ion battery cells”, *Nature Energy*, Vol.8, pp. 1284–1295, November, 2023.
- [4] P. Li et al., “Diverting Exploration of Silicon Anode into Practical Way: A Review Focused on Silicon–Graphite Composite for Lithium Ion Batteries”, *Energy Storage Materials*, Vol.35, pp.550–576, November, 2021.
- [5] P. Li et al., “Nano/Microstructured Silicon–Graphite Composite Anode for High–Energy–Density Li–Ion Battery”, *ACS Nano*, Vol.13, pp.2624–2633, February, 2019.
- [6] M. Khan et al., “ $\text{SiO}_2$ –Based Lithium–Ion Battery Anode Materials: A Brief Review”, *Journal of Electronic Materials*, Vol.51, pp.3379–3390, April, 2022.
- [7] 송민근, “꿈의 배터리’ 징검다리 놓는 LG... SK, 삼성은 전고체 직진”, 매일경제신문 A3, 2023.10.04.