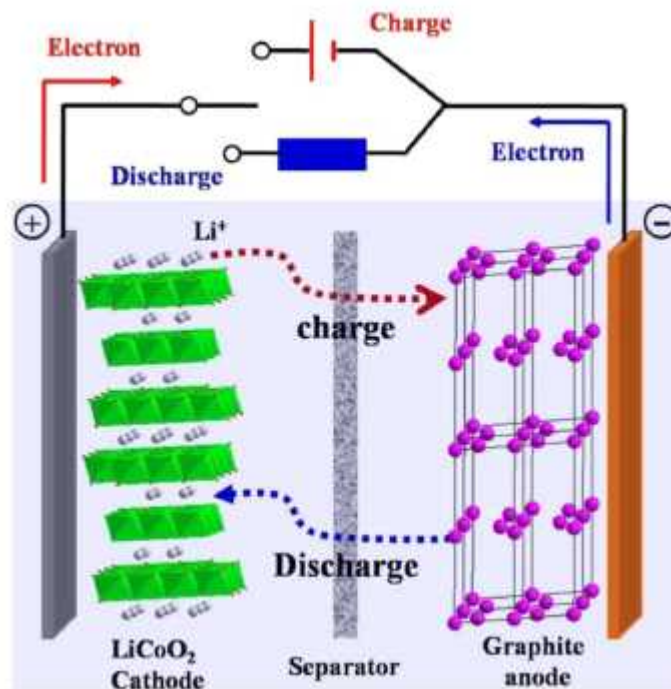


[2회] 리튬이온전지 양극재 기술 및 시장동향

재료연구소 문희성 / 2020. 09. 18.

1. 개요

- 리튬이온전지 양극재(Cathode Material)는 LCO(LiCoO₂)를 사용하여 '91년 상용화된 이래, 전지의 용량 등 성능 향상에 핵심 소재이기에 다양한 원소와 물질구조를 가진 양극재들이 등장
 - LiMn₂O₄(스피넬 구조)은 구조적으로 안정하나 용량이 작고, 고온에서 망간(Mn)이온이 용출되며, LiNiCO₂는 리튬(Li+) 충전율이 높아 고용량에 유리하나 전지의 안정성 측면에서 이슈

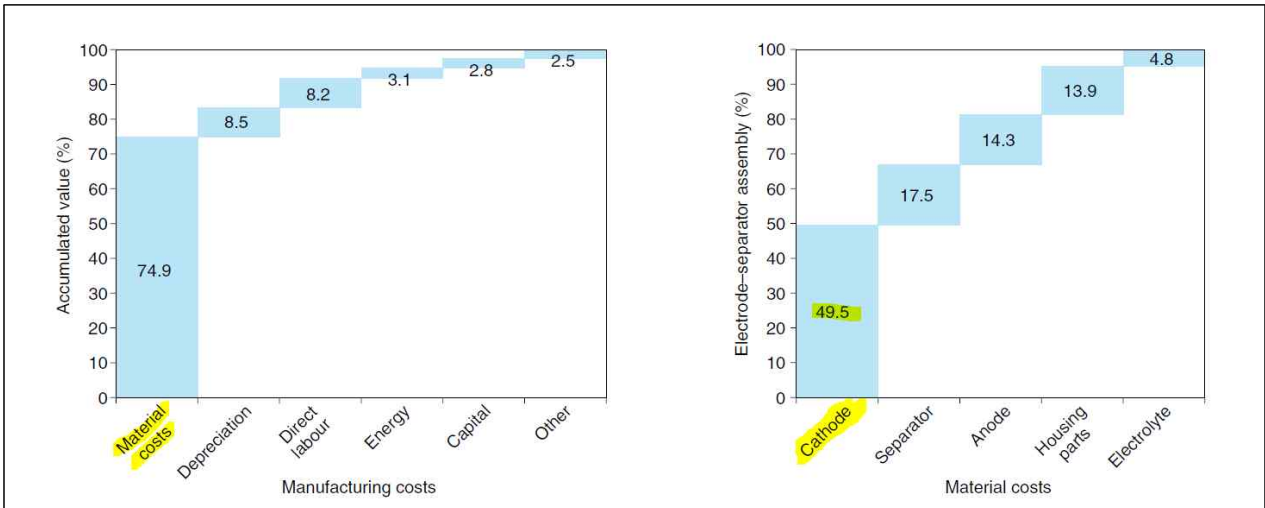


[그림 1] 리튬이온전지의 충전 개요도

출처: Berckmans et al, Energies 2017, 10, 1314

2. 리튬이온전지에서 양극재의 중요성

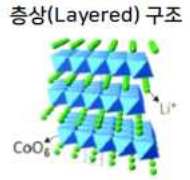
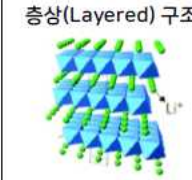
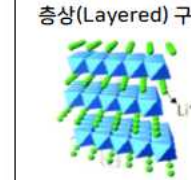
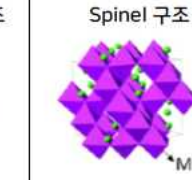
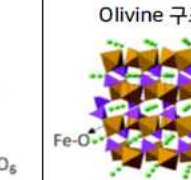
- 양극재는 리튬이온전지 재료비에서의 비중이 약 50%로, 리튬이온전지의 원가에서 큰 부분을 차지하기에 성능 외에 시장 진입을 위한 원가 절감 혁신이 요구



[그림2] 리튬이온전지 원가 및 재료비 구성
출처: A. Kawade et al., Nature Energy, 2018, 290(3), 290

3. 양극재의 종류 및 시장규모

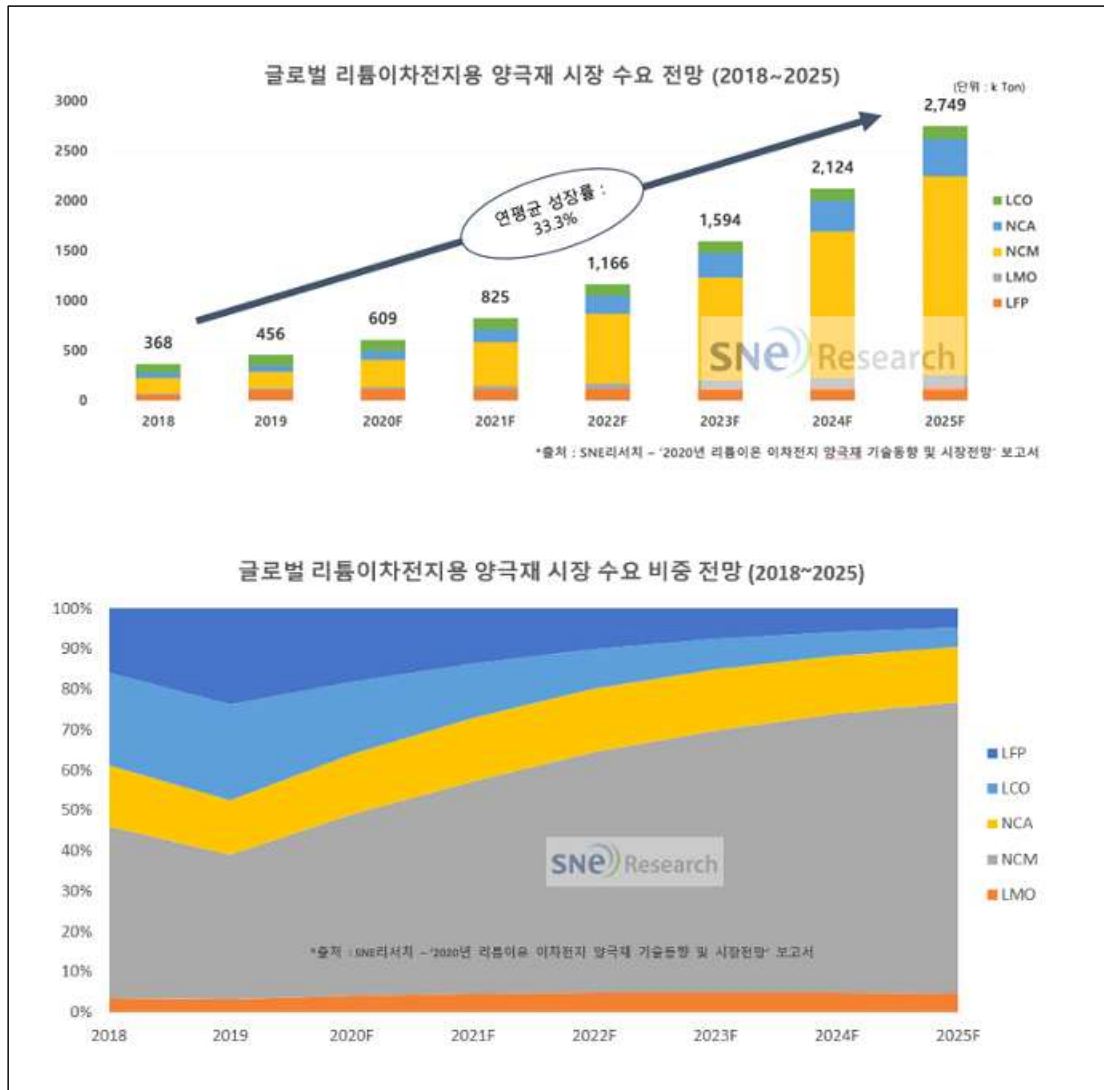
- 양극재는 구조별로 크게 ①층상(Layered), ②스피넬(Spinel), ③올리빈(Olivine)로 구분

| 구분 | LCO | NCM | NCA | LMO | LFP |
|--------|---|---|---|---|---|
| 분자식 | LiCoO ₂ | Li[Ni,Co,Mn]O ₂ | Li[Ni,Co,Al]O ₂ | LiMn ₂ O ₄ | LiFePO ₄ |
| 구조 | 층상(Layered) 구조  | 층상(Layered) 구조  | 층상(Layered) 구조  | Spinel 구조  | Olivine 구조  |
| 에너지 용량 | 145 mAh/g | 140~220 mAh/g | 180~220 mAh/g | 100 mAh/g | 150 mAh/g |
| 동작 전압 | 3.8 V | 3.7 V | 3.7 V | 4.0 V | 3.2 V |
| 안정성 | 높음 | 다소 높음 | 낮음 | 높음 | 매우 높음 |
| 수명 | 높음 | 중간 | 높음 | 낮음 | 높음 |
| 난이도 | 쉬움 | 다소 어려움 | 어려움 | 다소 어려움 | 어려움 |
| 용도 | 소형 | 소형, 중대형 | 소형, 중대형 | 중대형 | 중대형 |
| 제조사 | 엘앤에프, 코스모신소재, Shanshan, Umicore, Nichia | 엘앤에프, 에코프로비엠, 코스모신소재, 포스코케미칼, Umicore, Nichia | 에코프로비엠, Sumitomo, Toda, Nichia | 포스코케미칼, Nichia, BYD | 한화케미칼, Shanshan, BYD, A123 |

[그림3] 양극재 종류별 개요

출처: 하이투자증권(2020)

- 양극재 시장은 전기차 및 에너지저장시스템(ESS) 시장의 수요 급성장에 따라 이와 동반하여 37만톤('18년)에서 연평균 33% 증가하여, 275만톤('25) 규모로 예측되며, 양극재 종류별 비중은 점차 NCM과 NCA계열이 과점할 것으로 추정
 - NCM은 '25년 72%의 비중 예상



[그림4] 양극재 시장 전망

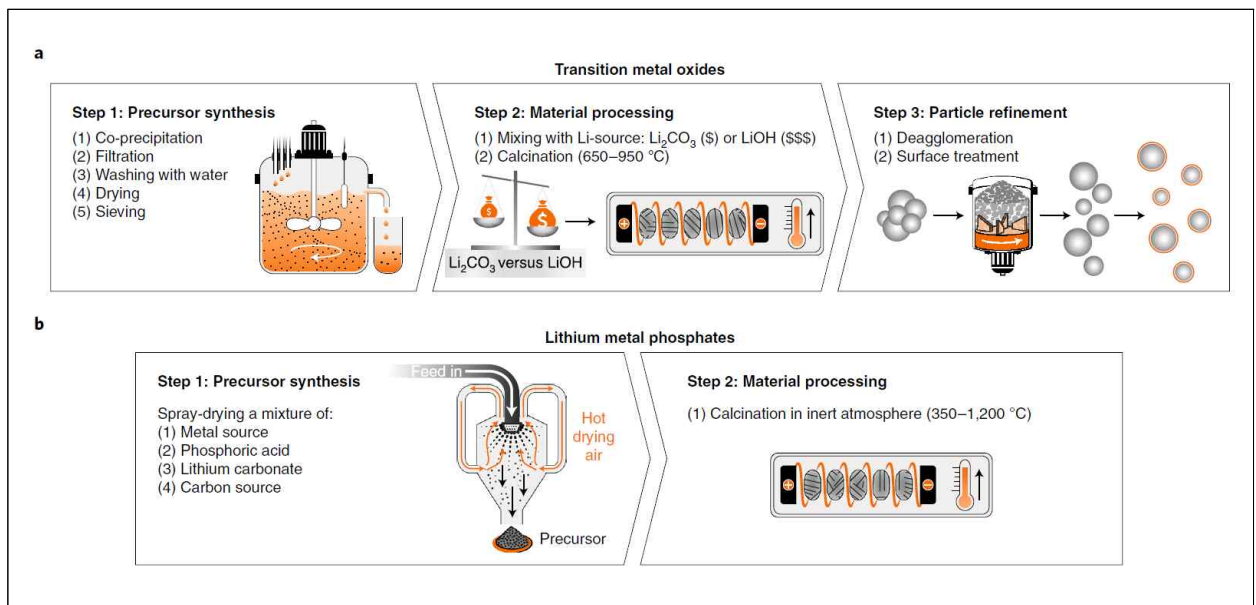
출처: SNE 리서치

- (양극재 기업) '18년 양극재 출하량 기준으로 벨기에 Umicore가 1위 (4만톤, 10.8%), 일본 스미토모 메탈 마이닝(Sumitomo Metal Mining, SMM)이 2위(3만 6천톤, 9.8%), 일본 니치아(Nichia)가 3

위(2만 6천톤, 7%), 중국 XTC 5위(2만 5천톤, 6.8%), 산산 (ShanShan) 6위(2만 3천톤, 6.4%)이며 한국에서는 에코프로BM이 10위(1만 5천톤), 엘앤에프, 포스코 케미칼 등이 사업을 영위중

3. 양극재 제조공정

- 많이 사용되고 있는 층상구조 양극재는 Ni, Co 등의 금속 전구체 (Precursor)과 리튬소스(Li_2CO_3 또는 LiOH)를 혼합/소성하여 제조

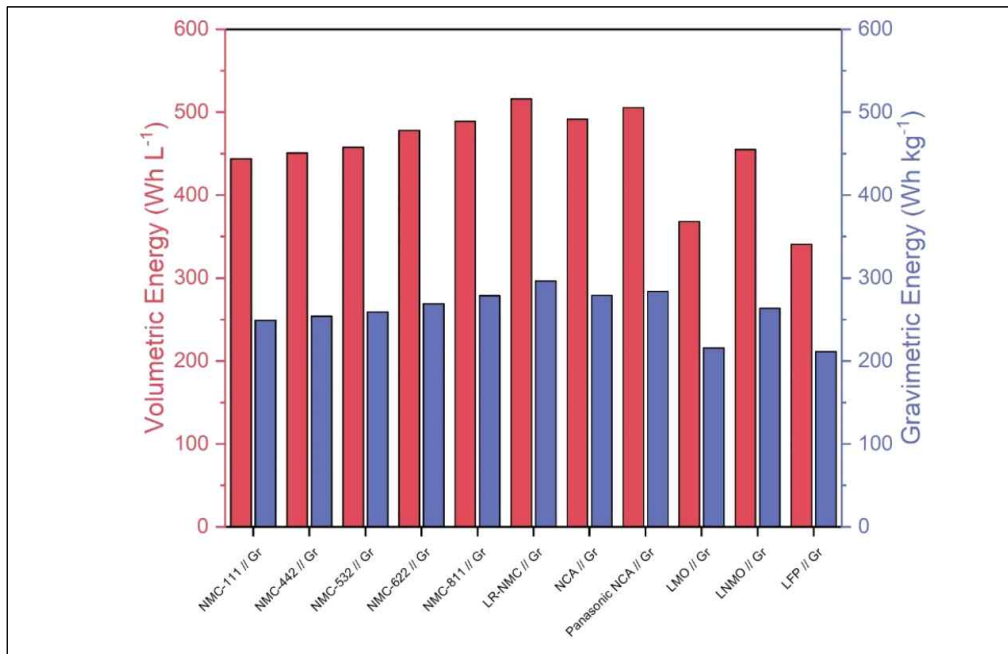


[그림5] 양극재 제조공정 (a) 층상 및 스피넬 (b) 올리빈 양극재

출처: R. Schmuch et al., Nature Energy, 3, 267, 2019.

4. 양극재 기술 현황 및 이슈

- 양극재의 기술개발 방향은 결국 리튬이온전지의 에너지밀도 향상과 저가(Low cost)화이며 이를 위해 층상구조의 양극재에 있는 LCO의 코발트(Co) 함유량을 줄이고 다른 금속(Ni, Mn, Al)으로 대체
 - [그림6]와 같이 전기차 초기에는 NMC532, 즉 Ni 50%, Mn 30%, Co 20% 의 비율로 하여 Co의 함유량을 LCO 대비 감소
 - 점진적으로 NMC622, NMC811 등 Ni의 함유량을 높이는 방향으로 개발해서 이미 적용하거나 적용 예정



[그림6] 양극재별 에너지용량(Wh/L, Wh/kg) 비교

출처: M. Wentker et al., Energies 2019, 12, 504

- 궁극적인 방향은 NMC811과 NCA가 양극재의 주류가 될 전망이며 NCA가 상대적으로 제조공정상 난이도가 높아 기술적 경쟁우위를 보유
 - NCM에 알루미늄(Al)을 도핑하여 NCMA 양극재도 차세대 양극재로서 주목하고 있으며, LG화학은 얼티움(Ultium) 배터리를 개발하여 주행거리 400마일(645km) 확보

- 고전압 구조 안정화를 위한 조성설계가 필요하며, 양극재의 표면에 리튬(Li)이 잔류하게 되는데 이는 가스 발생 등 불량요인이 되기에 양극재 제조공정에서 세정 공정이 중요
 - 또한, 입자 구조 안정화를 위해 금속 도핑(Doping)이나 코팅이 필요, 표면 안정화

- 양극재 안정성을 높이기 위해 1) 표면 코팅, 2) 도핑, 3) 형상 제어 등의 기술 개발이 필요

- ① (표면코팅) 전해질과의 부반응 감소를 위해, 과량 투입된 리튬이 표면잔류하여 이를 제거하는 식의 코팅 연구 필요
- ② (형상제어(Morphology Control)) 나노크기 1차입자를 가지고 2차입자 양극재를 구성하고 있기에, 1차입자의 형상에 따라 전도도 등 특성 상이하기에, 최근에는 1차입자를 단결정화하여 열화를 낮추고, 다결정화에 따른 부반응 제한을 위해 개발 중
- ③ (도핑) 스크리닝을 통한 단순 원소 치환해서, 분석 방법론의 발전으로 도핑용 전구체를 개발하여 전기화학적 성능을 새로 부여하는 방향으로 개발