

제 1 장 차세대 전지의 필요성 및 소개

한국과학기술연구원
정 훈 기

최근 전기, 전자 및 정보 통신 분야의 급속한 발전으로 인하여 스마트폰, 노트북 등의 소형 휴대 기기의 수요가 폭발적으로 증가하고 있으며, 환경 및 에너지 문제와 관련하여 에너지 저장시스템 (Energy Storage Systems, ESS)과 전기 자동차 (Electric vehicles, EVs)의 필요성이 크게 대두되고 있다. 따라서 화석연료를 대체할 수 있는 에너지원으로 지속적으로 충방전이 가능한 이차전지는 화석 연료 의존도와 이산화탄소 배출량을 크게 감소시킬 수 있는 대표적인 친환경 녹색 기술로 꼽히고 있으며, 성능 개선에 대한 요구도 크게 증가하고 있다. 이차전지의 개발은 사용 분야의 확대에 따라 초기 납축 전지에서 Ni-Cd전지, Ni-MH전지, 리튬이온전지로 에너지 밀도가 증가하는 추세로 이루어지고 있다.

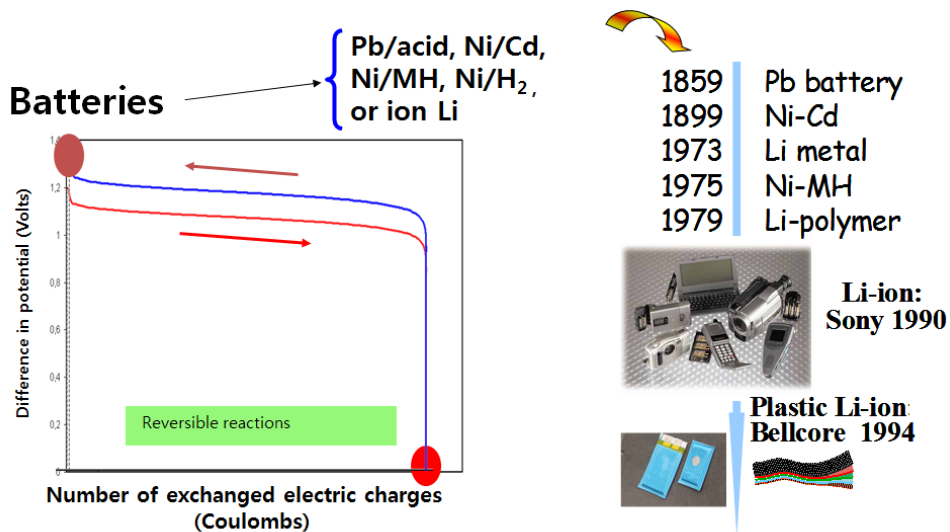


그림 1. 이차전지의 종류 및 개발 역사

여러 종류의 이차전지 중 리튬이온전지는 높은 에너지 밀도와 장기 수명 특성 등의 우수한 성능으로 인해 현재 대부분의 모바일 기기의 주요 전원으로 사용되고 있으며, 새로운 시장으로 전기자동차 및 대용량 에너지 저장 장치용 중대형 전지로 그 시장이 연평균 10% 이상의 성장이 예상되고 있다. 현재 우리나라가 리튬이온전지 세계 1위의 자리를 차지하고 있지만, 이는 소형 전지에 해당하며 미래 시장인 중대형 전지 시장에서 주도적 위치를 확보하기 위해서는 전기 자동차 및 에너지 저장 장치용 차세대 고에너지 밀도의 이차전지 핵심 요소 기술 확보 및 개발이 시급하다.



그림2. 리튬이온전지 적용 시장 및 연구 동향

또한 친환경 에너지원을 이용하여 에너지 효율을 최적화하고자 하는 차세대 전력망인 스마트 그리드 시스템 및 태양광, 풍력 등 신재생 에너지의 확대에 따른 균일한 전력 공급의 필요성이 증대되고 있다. 이를 위해 거대 규모의 에너지 저장원이 필요하고, 기존의 이차전지가 가지고 있는 특성으로 이 분야의 역할을 수행하기에는 가격 및 용량면에서 한계를 지니고 있다. 그리고 그림2와 같이 리튬이온전지의 수요 및 적용 분야가 늘어나고 있으며, 이들 적용 분야에 리튬이온전지가 사용될 경우 향후 리튬 자원의 한정 및 지역 편재로 인한 가격 급등이 함께 우려되고 있다. 또한 대용량 이차전지가 요구되고 있는 전기자동차 및 에너지 저장 장치에 적용하기 위해서는 현재의 리튬이온 전지로는 에너지 밀도 측면에서 한계를 지니고 있다. 따라서 이와 같이 급속히 늘어날 것으로 예측되는 중대형 이차전지 시장을 대비하기 위해 기존 리튬이온전지를 넘어서는 안전하면서도 가격적으로 저렴하며, 고용량, 장수명 특성을 지닌 새로운 이차전지 시스템 개발이 필수적으로 요구되고 있다.

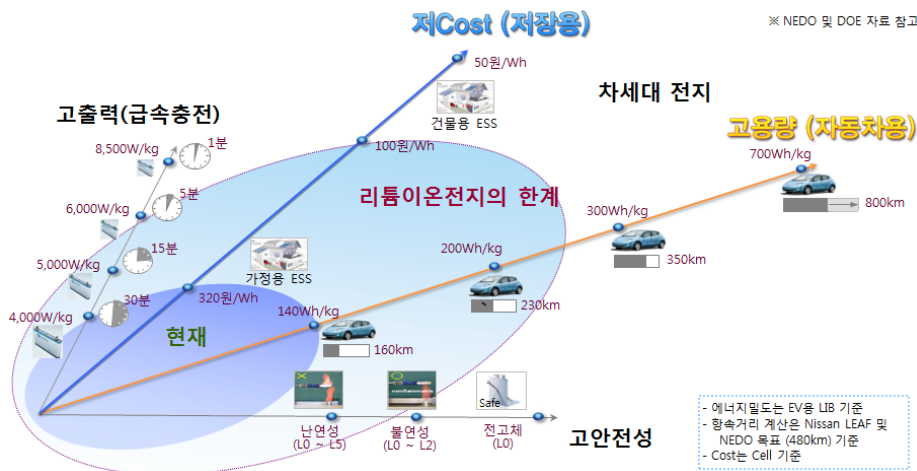


그림3. 현재 리튬이온전지의 한계

기존 리튬이온전지의 한계점은 가격, 에너지밀도, 안전성 등 여러 가지 측면에서 나타나고 있으나 실질적으로 이들 모든 요소를 한 번에 해결할 수 있는 차세대 이차전지 시스템은 존재하지 않으며, 따라서 다양한 차세대 전지시스템에 대한 원천 기술을 확보하고, 각 개별 용도에 적합한 전지시스템을 선택적으로 적용하는 것이 최선의 대안으로 여기지고 있다. 이에 따라 세계 각국에서 차세대 이차전지 후보군에 대한 관심이 높아지고 있으며 원천 기술을 선점하기 위한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 차세대 이차전지 후보군으로 이차전지의 용량을 획기적으로 늘리기 위한 시스템으로 공기중의 산소와의 반응을 전기에너지로 저장하는 리튬공기전지, 다전자 반응을 기반으로 한 리튬황전지와 기존 리튬이온전지와 비슷한 탈삽입 반응을 기반으로 하는 나트륨이온전지 등이 현재 활발히 연구 중에 있다.

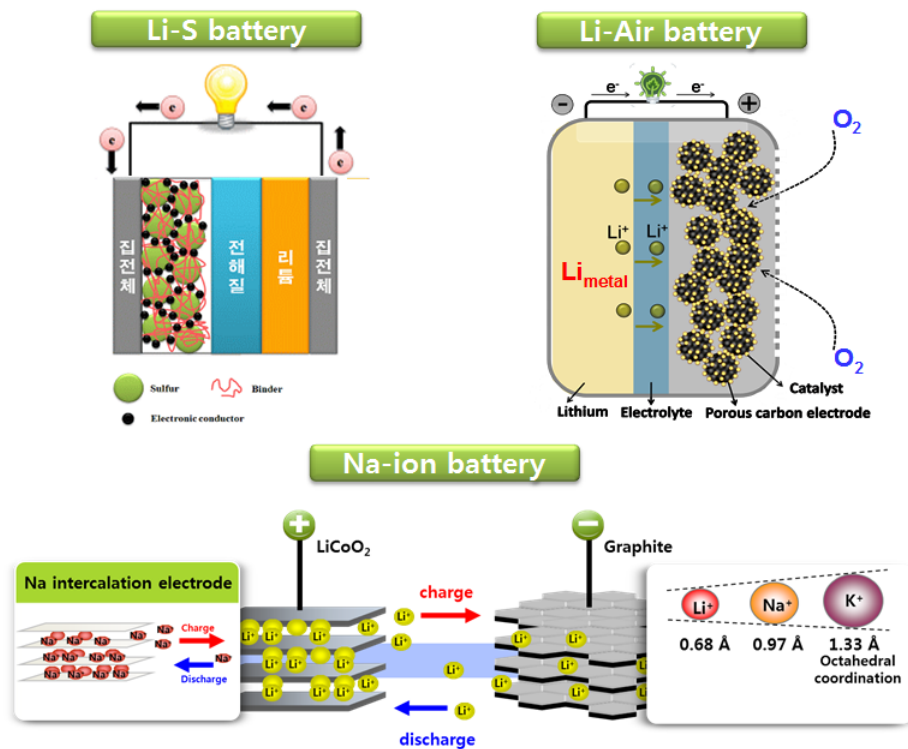


그림4. 차세대 이차전지 후보군

에너지 밀도 향상을 위한 초고용량 구현이 가능한 이차전지 시스템으로 리튬황전지와 리튬공기전지가 크게 각광받고 있다. 황의 이론 용량은 1675mAh/g으로 이를 셀에 적용할 경우, 이론적으로 2567 Wh/kg의 에너지 밀도를 나타 낼 수 있다. 리튬공기전지는 공기 중의 산소와 리튬이온의 반응을 이용하여 에너지를 저장하는 원리를 이용하기 때문에 공기 중에 산소를 무한대로 공급할 수 있다는 큰 장점이 있다. 따라서 리튬금속만으로 산소를 포함한 이론 에너지 밀도를 계산할 시 3500 Wh/kg의 값을 나타낸다. 이는 기존 리튬이온전지에 비해 5배에서 10배에 이르는 값으로, 이차전지의 패러다임을 획기적으로 바꿀 수 있다. 그러나 실제 연구 개발 시 리튬

황전지 및 리튬공기전지의 용량은 이론값에 한참 못 미치는데, 이를 해결하기 위한 각국의 연구 개발이 최근 몇 년간 활발히 이루어지고 있다.

표1. 리튬황전지와 리튬공기전지의 에너지 밀도

Battery	Cell Voltage / V	Theoretical Specific Energy / Wh kg ⁻¹
Today's Li-ion $0.5C_6Li + Li_{0.5}CoO_2 = 3C + LiCoO_2$	3.8	387
Li-S $2Li + S = Li_2S$	2.2	2,567
Li-air (non-aqueous) $2Li + O_2 = Li_2O_2$	3.0	3,505
Li-air (aqueous) $2Li + 0.5O_2 + H_2O = 2LiOH$	3.2	3,582
Zn-air $Zn + 0.5O_2 = ZnO$	1.65	1,086

또한 나트륨은 바닷물에 풍부하게 존재하여 지구상에서 6번째로 많은 원소로 리튬과 같은 자원 고갈의 우려가 없으며, 양극 소재 합성시 사용되는 카보네이트 재료 비교 시 Na_2CO_3 는 Li_2CO_3 의 30배이상 낮은 가격이며, 나트륨을 전지에 적용시 저가의 집전체의 재료 사용 등 리튬이온전지를 대체할 경우 획기적으로 낮출 수 있다. 그러나 나트륨이온전지는 저가격 특성으로 부피나 무게에 큰 제약이 없는 대용량 저장 장치에는 적합하지만 용량이나 에너지 밀도 면에서는 리튬이온전지와 큰 차이가 없어 현재의 기술력으로는 전기자동차에는 적용하기 힘들다. 그 외에 리튬의 대체를 위한 아연(Zn), 마그네슘(Mg) 등도 저가형 이차전지 시스템에 적용을 위해 활발히 연구 중에 있다. 따라서 여러 차세대 이차전지 후보군 중 위 세가지 리튬공기전지, 리튬황전지, 나트륨이온전지 등은 향후 차세대 중대형 이차전지 산업에 큰 역할을 할 것이라 판단된다.