

리튬이온전지는 안전한가?

홍영식

서울교육대학교 과학교육과 교수

유사 이래 인류는 땀감에서부터 화석연료, 그리고 원자력에 이르기까지 생존에 필요한 에너지를 획득하기 위한 노력을 지속해왔다. 그러나 현재 화석연료와 원자력에너지를 사용할 수 있는 기간은 인류사에 비추어 보면 한순간에 불과하기 때문에 세계는 대체 에너지 개발에 많은 투자를 하고 있는 중이다.

화학전지란?

가장 쉽게 접하는 에너지원인 화학전지는 양극과 음극 물질의 자발적인 산화-환원 반응에 의해 화학에너지를 전기에너지로 변환시키는 장치이다. 즉 이온화 경향이 큰 금속의 산화에 의해 방출한 전자가 반응성이 작은 금속으로 이동하면서 전기 에너지를 발생시키는 것이다. 이 때 산화전극은 음전하를 제공하는 (-)극이며, 환원전극은 음전하를 받아들이는 (+)극이 된다. 금속에서의 이온화 경향성은 다음과 같다.

K) Ba) Ca) Na) Mg) Al) Zn) Fe) Ni) Sn) Pb) (H)) Cu) Hg) Ag)
Au

불타전지는?

최초의 화학전지인 불타전지는 아연과 구리를 도선으로 연결하고, 묽은 황산 용액을 전해질로 사용한다. 즉 전지는 양극, 음극 그리고 전해질과 양극과 음극의 접촉에 의한 단락을 방지하기 위한 분리막으로 구성된다.

기전력이란?

화학전지에서 가장 중요한 것은 바로 전지가 에너지를 제공할 수 있는 힘인 기전력이다. 기전력이란 산화전극과 환원전극 간의 화학에너지 차이에 해당한다. 따라서 용도에 맞는 기전력을 갖는 화학전지를 사용하게 된다.

전지의 종류는?

화학전지는 일회용인 일차전지와 충전해서 재사용이 가능한 이차전지, 그리고 연료를 공급해주면 계속해서 전기를 생산할 수 있는 삼차전지인 연료전지로 분류된다.

일차전지인 불타전지와 다니엘전지는 (-)극 물질로 아연, (+)극 물질로 구리, 그리고 황산 수용액을 전해질로 사용한다. 이후 (+)극 물질로 이산화망간(MnO₂)과 전해질의 누액을 막기 위해서 염화암모늄과 석고를 반죽하여 굳힌 전해질을 사용한 망간 건전지가 개발되었다. 그리고 망간 건전지의 염화암모늄 대신에 수산화칼륨을 전해질로 사용하여 암모니아 발생에 의한 분극의 단점을 보완한 알칼라인전지가 개발되었다.

이차전지는 납축전지, Ni-Cd, Ni-MH, 리튬이온전지 등이 있다. 특히 리튬이온전지는 고용량을 요구하는 휴대폰, 디지털 카메라, MP3 등 소형 정보통신기기의 발달과 함께 사용량이 크게 증가하고 있다.

리튬이온전지란?

다른 이차전지와 리튬이온전지의 가장 큰 차이점은 기전력이다. 납축전지는 1.9 V, Ni-Cd와 Ni-MH 전지는 1.2 V 인 반면

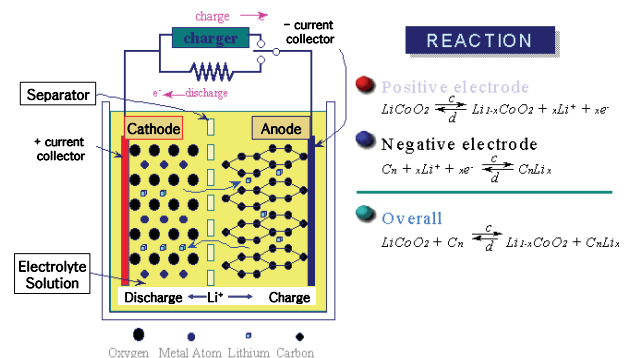


그림 1. 리튬 이온 전지의 작동 및 화학 반응식

에 리튬이온전지는 3.7 V의 기전력을 갖는다. 즉 기전력만을 생각하면 리튬이온전지는 다른 이차전지보다 에너지가 2~3배 높다. 따라서 작은 크기에 많은 에너지가 필요한 정보통신기기의 특성상 최근에는 리튬이온전지를 주로 사용하고 있다.

리튬이온전지의 충방전 원리는?

LiCoO₂ 양극물질과 탄소 음극물질을 사용하는 리튬이온전지는 충방전 시 전자와 리튬이온이 양극과 음극 사이를 왕복한다. 그림에서 충전 시에는 LiCoO₂에서 방출된 리튬이온과 전자가 전해질과 도선을 따라서 각각 탄소 쪽으로 이동한다. 방전 시에는 역과정이 진행된다. 기본적으로 전지는 저장된 전기에너지를 사용하는 것이기 때문에 방전을 기준으로 전지의 극을 결정한다. 따라서 탄소 음극과 LiCoO₂ 양극이 되는 것이다.

안전성(safety)

최근 리튬이온전지의 발화 및 폭발 사고가 발생하는 등 리튬이온전지의 안전성에 대한 문제가 대두되고 있다.

예를 들어 충전기의 오작동에 의해서 일정 전압 이상으로 충전되는 경우를 생각해 보자. 충전에서 탄소 음극에 들어갈 수 있는 리튬보다 더 많이 탄소에 접근하면 리튬이 탄소 표면에서 성장하게 된다. 결국 이러한 리튬은 분리막을 뚫고 양극과 접촉이 되면 단락에 의해 발화될 가능성이 있게 된다.

또한 LiCoO₂ 양극에서도 리튬이 너무 많이 빠져 나가면 Co의 산화수가 3가에서 4가로 높아지면서 불안정하게 된다. 따라서 불안정한 4가의 Co는 3가로 환원되면서 산소 기체를 발생시킨다. 이 산소는 전지 내부의 압력을 증가시켜 전지가 터질 수 있는 위험성이 있다. 이외에도 전지 물질을 제조할 때, 첨가되는 각종 물질들이 분해에 의해서도 기체들이 발생할 수 있다. 또한 방전에서 발생하는 열에 의해서도 전해질이나 양극물질이 분해되면서 전지 내부 압력이 증가하기도 한다.

안전성 기능

따라서 이러한 문제점에 대비하기 위하여 리튬이온전지에는 여러 가지 안정성 기능이 추가되어 있다. 그 예로 전지의 내부 온도가 일정한 온도 이상으로 상승하면 전류를 차단시키는 보호 회로가 있다. 또한 온도가 올라가면 분리막이 녹으면서 전해질 이온의 이동이나 리튬금속이 성장하는 것 등을 차단시키기도 한다. 그리고 전해질도 가연성에서 난연성으로 대체하고 있다.

그러나 리튬이차전지의 특성상 한정된 부피에 가능한 많은 에너지를 저장해야 하기 때문에 근본적으로 안전한 전지는 아니다. 따라서 리튬이차전지를 장시간 사용하거나, 찌질방과 같은 장소에서 고온에 장시간 노출시 열의 발생에 주의해야 한다. 그리고 과충전 및 과방전을 방지하기 위하여 Ni-Cd 전지와는 달리 리튬이차전지는 자주 충전 및 방전해야 안정하며, 전지도 오래 사용할 수 있다.