

## 리튬 이차 전지의 응용

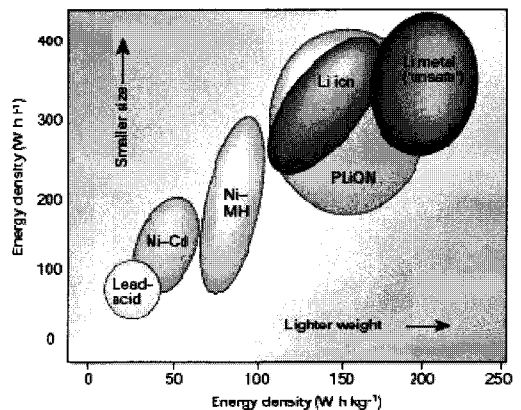
최완욱, 김성수, 이상민(삼성 SDI)

21세기 현대 사회를 구분 짓는 핵심적인 단어로 디지털, 정보화 사회를 꼽을 수 있다. 많은 사람들이 시간을 보내는 사무실이나 집, 휴식 공간 등에서 인터넷을 이용하는 것은 말할 것도 없고 심지어 이동하는 중에도 휴대폰이나 개인단말기, 노트북 등을 이용하여 무선 인터넷을 활용하고 있으며, MP3 플레이어, MD(mini disk) 등과 같은 휴대용 기기를 이용하는 사용자가 과거에 비하여 매우 많아졌다. 이와 같은 휴대용 전자 장치의 증가와 더불어 이들이 사용하는 에너지 원인 전지(batteries) 시스템도 많은 발전을 하였다.

### 1. 리튬 이차 전지란?

전지는 하나의 전기화학 시스템이다. 애노드(anode)에서 산화반응이 진행되고 캐소드(cathode)에서 환원반응이 일어나는데, 이때에 발생한 전자가 외부회로로 흘러 일을 하게 되는 전기화학 장치이다. 1800년경 Volta 경이 전지의 원형을 만든 이후로 다양한 종류의 전지가 개발되었다. Alkaline, Zinc-Air, Li/CFx, Li/MnO<sub>2</sub> 등의 일차전지(primary batteries)와 납

축전지(Pb-acid), 니카드전지(Ni-Cd), 니켈수소 전지(Ni-MH), 리튬 이차 전지(Li secondary batteries) 등의 이차전지(secondary batteries)가 그것이다. 근래의 휴대형 정보기기의 전원으로는 높은 용량과 에너지밀도를 갖는 이차전지가 주류를 이루고 있으며, 특히 이들 중에서도 단위 부피당 에너지 밀도와 출력 밀도가 우수하고 자기 방전 특성이 없으며, 긴 사이클 특성을 가지는 리튬 이온(Li-ion) 이차 전지의 시장 점유율이 급격히 증가하였다.



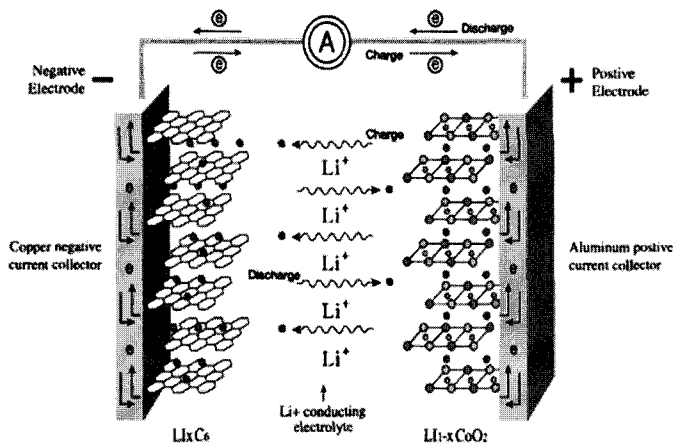
〈그림 1〉 이차 전지의 에너지 밀도 비교  
[Nature 414(2001) 359]

리튬 이차 전지는 아래의 그림 2에 나타난 것과 같이 리튬 이온을 전하전달의 매개체로 하는 이차전지 모두를 지칭하는 것으로 애노드, 캐소드, 전해질의 종류에 따라서 다양한 종류의 리튬 이차 전지가 연구되고 발표되었다. 예로써 리튬 금속, 리튬 합금, 질화물, 탄소 등의 애노드와 고분자, 황(Sulfur), intercalation compound 등의 캐소드, 고분자 고체 전해질 혹은 리튬염/유기용매 전해질 등의 조합을 통한 다양한 리튬 이차 전지가 구현되었지만, 상용화된 종류는 많지 않다. 1980년대 마쯔시다사에서 Li/TiS<sub>2</sub> 형태의 리튬 이차 전지를 처음으로 상용화 하였으나 짧은 수명 특성으로 인하여 보편화 되지 못하였다. 현재 우리가 흔히 접하는 리튬 이차 전지는 1991년 소니(Sony)사에 의해서 개발된 원통형 전지 형태의 “리튬 이온 전지”이다. Sony 사가 개발한 리튬 이온 이차 전지는 비정질 형태의 탄소(hard carbon)를 애노드 활물질로 사용하고 전이금속 산화물인 LiCoO<sub>2</sub>를 캐소드 활물질로 사용하였다. 전해질은 전이금속 산화물의 작동영역(working potential range), 4.2V 보다 넓은 전위

창(potential window)을 갖는 비수용성 유기용매에 리튬염(LiPF<sub>6</sub>)을 녹인 혼합용액을 사용하였다. 소니(Sony)사의 리튬 이온 전지는 과거의 금속 리튬을 애노드로 intercalation 캐소드를 사용한 초기 리튬 이차 전지의 안전성 문제를 획기적으로 개선하고 휴대폰(cellular phone), 비디오 카메라(camcorder), 노트북(note book), 등의 휴대전원으로써의 영역을 확대하였다.

## II. 리튬 이차 전지의 분류 및 응용

리튬 이차 전지는 전지의 형태에 따라서 원형 전지(cylindrical cell)와 각형 전지(prismatic cell), 알루미늄 파우치와 gel 형 전해질을 사용하는 폴리머 전지(Li polymer battery) 형태로 나눌 수도 있다. 그리고 리튬 이온 이차 전지의 에너지 용량과 응용, 활용에 따라서 휴대폰이나 노트북, 디지털 카메라, 게임기 등에 사용되는 소형 전지(民生用電池), 전기 자동차(Electric Vehicle)나 하이브리드 차량(Hybrid Electric



〈그림 2〉 리튬 이차 전지의 반응구성도

Vehicle)용 전지, 전력 저장용 전지, UPS 등의 정치용 보조 전원용 전지 등의 산업용 전지 이외에도 군수 장비용 전지, 의료용 전지 등의 특수용 전지로 구분 지어 볼 수도 있다.

### 1. 소형 민생용(民生用) 전지

소형 전지라 함은 수십 Wh이하 수준의 에너지 밀도를 갖는 전지를 일컫는 말이다. 주로 소형의 이동형 전자기기의 전원으로 활용되는 것으로 휴대전화, 노트북, 디지털 카메라, 게임기 등의 기기에 많이 활용되고 있다. 이들 장치들은 주로 사람들이 휴대하고 다니는 정도의 크기를 갖는 기기들로 전원으로 사용되는 전지는 가능하면 작은 크기를 가지며, 높은 출력보다는 긴 사용시간을 갖추어야 하는 특성이 있다. 즉 단위 부피당 에너지 밀도가 높은 특징을 갖는 전지라 할 수 있다.

#### 가. 휴대폰용 리튬 이차 전지

리튬 이온 이차 전지가 상용화 되면서 가장 활발하게 적용된 응용분야는 휴대전화이었다. 높은 작동 전압(-3.6V)으로 인하여 단위 부피당, 중량당 에너지 밀도가 여타의 이차전지에 비하여 크다는 강점을 잘 활용할 수 있는 분야였기 때문일 것이다. 아울러 휴대전화가 IT시대의 특징을 가장 먼저 그리고 대표적으로 보여준 제품이고 시장규모가 폭발적으로 증가하는 등, 사업적인 측면에서도 큰 이점을 가진 적절한 제품이었다. 초창기에는 원통형 리튬 이차 전지가 니켈수소전지(Ni-MH)를 대체하여 적용되었지만 점차 휴대 전화의 크기가 작아짐에 따라서 각형 전지와 폴리머 전지 형태

가 주로 사용되고 있다. 아래의 표 1에는 리튬 이차 전지의 용도(application)별 시장 규모를 보여주고 있으며, 특히 휴대 전화용 리튬 이차 전지의 시장이 여타 용도(application)에 비하여 가장 많은 양을 차지하고 있음을 볼 수 있다. 2001년부터 2005년까지 매년 증가가 2억 셀 규모로 고속 성장 하였는데, 이는 서구 및 아시아 국가의 급격한 휴대 전화 시장의 성장에 기인한 것이다. 이후로 선진국 휴대 전화 시장의 포화로 인하여 신규 수요가 감소하여 휴대 전화용 리튬 이차 전지 시장의 성장율이 둔화되는 것을 볼 수 있는데, 선진국의 교체 수요와 중국, 인도 시장의 성장으로 인한 수량 증가는 일정 부분 유지 되고 있다. 최근의 휴대 전화 시장은 다양한 멀티미디어 기능을 갖춘 프리미엄 급의 하이엔드(high end) 제품과 단순 통화 기능의 저가형 로우엔드(low end) 제품으로 양분되어 성장하고 있다. 하이엔드(high end) 제품은 DMB, 화상 통화, 무선 인터넷 고해상도 카메라 등의 기능을 모두 갖춘 제품으로 대용량의 리튬 이차 전지가 채용되며, 반면에 저가형 로우엔드(low end) 제품은 저가형 리튬 이차 전지가 채용된다. 때문에 휴대 전화용 리튬 이차 전지의 개발 또한 이러한 수요를 충족하는 방향으로 전개 되었다. 하이엔드(high end)용 리튬 이차 전지는 고밀도 전극 소재를 채용하고 부피당 에너지 밀도를 높이는 설계를 적용하여 높은 전지 용량을 구현하였으며, 로우엔드(low end) 제품은 저밀도 음극 소재와 Ni이나 Mn계, 저가 Co계 중심의 저가형 양극 소재를 적용하는 방향으로 기술을 전개하여 에너지 밀도 대비 가격을 낮춘 형태의 전지로 개발되어 사용되고 있다.

〈표 1〉 리튬이차전지의 용도별 판매규모 ('06 IIT 총연 자료)

단위:백만셀

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
노트북	166.3	170.8	228.8	339.1	429.1	440.1	502.2
휴대폰	308.9	311.9	513.2	769.3	969.9	1,041.1	1,123.4
PHS	5.0	6.7	10.2	22.2	14.3	12.8	16.2
캠코더	44.0	47.5	69.0	73.7	67.9	81.6	89.6
오디오	1.6	0.2	3.6	13.9	40.1	84.0	108.0
PDA	8.2	13.6	16.3	15.4	12.4	9.2	9.1
디지털 카메라	9.6	16.3	33.2	58.6	67.4	68.2	83.0
게임기				17.5	23.8	39.0	47.7
전동공구				1.1	4.1	20.3	48.7
기타	2.6	3.8	2.6	4.8	11.3	40.3	49.8
합계	546.2	570.8	876.9	1,315.6	1,640.3	1,836.6	2,077.7

#### 나. 노트북용 리튬 이차 전지

앞서 언급한 휴대전화의 경우에는 2-5Wh의 에너지밀도를 갖는 전지를 채용하는데, 이는 리튬 이차 전지 단셀(single cell)로써 가능한 에너지 범위이다. 반면에 노트북은 20-80Wh 정도의 에너지밀도를 갖는 이차 전지 팩(pack)을 채용하고 있다. 이를 위해서 리튬 이차 전지 3개를 직렬로 연결한 것을 한 세트 혹은 2-3세트를 병렬로 연결하여 사용하고 있다. 이처럼 리튬 이차 전지는 기존의 니켈수소전지(Ni-MH)가 9개의 전지 구성으로 20Wh 정도의 에너지밀도를 얻었던 것에 비하여 높은 작동 전압의 이점으로 3배 이상 높은 에너지 밀도를 얻을 수 있어서 최근의 고성능 다기능화된 노트북 제품에 가장 적합하다고 할 수 있다.

표 1에서 볼 수 있는 것과 같이 노트북 시장 역시 지속적인 성장세를 이어 가고 있다. 휴대전화에서와 같이 노트북 시장 역시 고성 위주의 전문가형 노트북(professional note book) 시장과 인터넷과 오피스 작업 위주의 저 가격형 노트북(serve notebook) 시장으로 양분 되고 있

는 추세이다.

최근의 리튬 이차 전지의 큰 이슈는 안전성 관련한 문제라 할 수 있다. 델(Dell) 컴퓨터의 사고는 일반인들에게 리튬 이차 전지의 안전성에 관한 의구심을 가지게 한 계기가 되었으며, 이를 불식시키기 위해 리튬 이차 전지 제조 업체들도 안전성을 개선하고자 하는 노력을 경주하고 있다. 전지 업체에서는 리튬 이차 전지의 셀 차원의 안정성을 개선하기 위하여 전극의 표면에 비활성의 세라믹 층을 형성하거나, 세이퍼레이터에 고분자 막이나 세라믹 층을 형성하기도 한다. 그리고 제조 과정에서 유발될 수 있는 불순물의 유입에 의한 위험 요소를 제거하기 위한 공정 개선 등의 노력을 경주하고 있다. 아울러 전지를 이용하는 세트(리튬 이차 전지 충방전 및 응용 기기) 차원에서 노력도 진행 되고 있는데, 적정 범위 이상의 과도한 리튬 이차 전지의 이용을 제한하기 위한 표준 이용 권고/표준안을 2007년 4월 일본 전기공업협회가 (BAJ/JEITA) 제안하여 발표하기도 하였다.

### 다. 전동 공구(power tools)용 리튬 이차 전지

전문 작업자가 주로 사용하던 전동 공구는 DIY 가구의 보급과 일반인들의 가장 꾸기에 대한 관심이 증가하면서 2001년 이후 시장 규모가 꾸준히 증가하는 제품의 하나이다. 특히 가정용 전동공구는 충전지를 채용하는 휴대형이 대부분을 차지하고 있으며, 전문가용 공구 중에서도 헤머 드릴과 같은 높은 파워를 요구하는 중형(重型)공구를 제외한 28-36V 전압으로 구동 가능한 공구에서는 휴대형 공구로 전환이 이루어지고 있다.

휴대형 전동 공구에 채용되는 이차 전지는 현재 니카드 전지가 주류를 이루고 있다. 휴대전화용이나 노트북용 이차 전지와는 다르게 높은 에너지 밀도보다는 10C(노트북에서 쓰는 전류의 10배 이상 전류 세기에 해당) 이상의 큰 출력 특성이 요구되기 때문에 출력 특성이 좋은 니카드 전지가 주로 사용되었고, 적은 양이지만 니켈수소 전지가 일부 채용되었다. 하지만 일반적으로 알려진 바와 같이 니카드 전지의 메모리 효과와 향후 전 세계적으로 Cd 사용규제를 내용으로 하는 법안 등이 상정되어 대체 전지에 대한 요구가 지속적으로 있어 왔다. 대체전지로서 대두되고 있는 리튬 이차 전지는 기존의 고용량 설계를 탈피하여 출력 특성을 극대화할 수 있는 방향으로 설계함으로써 최근 2005년부터 탑재되기 시작하였다. 리튬 이차 전지는 우선적으로 18-24V급 전지 팩을 채용하는 DIY용 전동 공구에 채용되어 왔으며 최근 들어 28-36V급의 전지 팩을 채용하는 전문가용 전동 공구로 적용 범위가 넓혀지고 있다. 전동 공구용 리튬 이차 전지는 출력 특성을 개선하기 위하여 얇고 넓은

면적 비율을 갖는 극판 설계를 채용하고 있으며, 주로  $\text{LiCoO}_2$  양극 재료를 채용하는 휴대전화나 노트북용 전지와는 달리 출력 특성이 좋은 Ni 계, NiMn계 리튬 전이금속 산화물을 양극 재료로 사용하여 전동 공구 제품의 요구 특성을 충족시켜 왔다. 특히 최근에는 열적 안정성 측면에서 우수한  $\text{LiFePO}_4$  양극 재료를 채용한 리튬 이차 전지를 A123사에서 출시하였고 이를 채용하려는 전동 공구 업체의 움직임이 증가하고 있는 상황이다.

### 라. 기타 소형 전자 기기용 리튬 이차 전지

- 디지털 카메라, 게임기, 블루투스 기기 등의 소형 전자기기용 리튬 이차 전지

IT 산업 발달과 더불어 성장한 제품 군에는 디지털 카메라, 각종 게임기(대표적인 예기, PS2, Xbox, NDS 등), MP3, 블루투스 기기 등의 있다. 표 1에 나타난 것과 같이 이들은 최근 들어서 수요가 급격히 늘어난 제품들이다. 이들 제품들은 공통적으로 휴대성이 거야 하고, 그리 크지 않은 전류 밀도로 장시간 사용해야 하는 특성을 요구한다. 아울러 제품의 형태가 매우 다양하다 보니 이들에 장착되는 전지도 다양한 형태로 제조되어야 한다. 앞에서 언급한 요구 특성에 가장 부합하는 특징을 갖추고 있는 것이 리튬 이차 전지이며, 다양한 크기 형태로 리튬 이차 전지가 만들어지고 적용되고 있다. 예로써 블루투스 기기용 전지는 손톱 크기에 3mm 정도 수준의 두께를 갖는 리튬 폴리머 전지가 적용되고 있으며, 점차 소형화되고 있는 MP3와 같은 기기에도 성형성이 우수한 리튬 폴리머 전지가 사용되고 있다. 디지털 카메라(DSC) 초기 모델에서는 알카라인

전지나 니켈수소 전지가 주로 사용 되었지만, 최근의 제품 성향이 LCD 표시창이 대형화되고 기기 사용시간 연장과 일정 수준의 출력 특성 (flesh 작동 등)을 필요로 함에 따라서 리튬 이차 전지의 채용이 확대되고 있는 실정이다. 2007년 일본과 한국, 미국에서 선풍적인 인기를 끌었던 NDS와 PSP 등과 같은 게임기도 과거 단순 영상의 게임에서 벗어나 화려하고 박진감 넘치는 다양한 게임을 구현하는 방향으로 업그레이드 됨에 따라서 고해상도 디스플레이와 빠른 처리속도를 갖는 중앙처리 장치를 채용하게 되었다. 이러한 기기의 고성능화는 필수적으로 큰 용량의 전지를 요구하고 이에 부합되는 리튬 이차 전지를 채용하게 됨으로써 이 분야의 수요량도 급증하였다.

## 2. 산업용 리튬이차전지

산업용 이차전지는 전지의 에너지 밀도가 수-수십 KWh에 달하는 대형 전지를 지칭한다. 이러한 이차전지는 크게 운송용(運送用, transportation)과 정지형(定置形, stationary)으로 구분 지어 볼 수 있다. 운송용 전지의 예로는 전지자동차용 전지, 하이브리드 자동차용 전지, 골프 카터(golf carter), 전기 자전거(E-bike) 등을 들 수 있고 정지형 전지로는 통신 네트워크 비상전원이나 UPS, 하이브리드 전원 (renewable source) 등이 있다.

### 가. 하이브리드 전기 자동차(HEV)용 전지

하이브리드 자동차는 두 가지의 동력원을 함께 갖추도록 설계 되어 있는 자동차를 말한다. 내연기관과 이차전지 조합, 내연기관과 플

라이 휠의 조합, 내연기관과 커패시터 조합과 연료전지(fuel cell)와 이차전지의 조합 등을 생각할 수 있는데, 상용화된 타입은 가솔린 엔진과 이차전지로 구성되는 타입이다. 잘 알려진 것과 같이 토요다의 프리우스, 렉서스, 혼다의 시빅, 어코드, 마즈다의 트리뷰터, 캐딜락의 에스카레이드, 포드의 이스케이프 등이 시판되었고 토요타의 프리우스는 2004년 누적 판매 대수가 13만대에 이르고 있다.

하이브리드 전기 자동차를 도입하는 이유는 운행 효율을 높여서 에너지를 절약하는 데 있다. 프리우스의 경우 시내주행 연비가 58MPG로 동급 가솔린 차량의 시내 주행 연비 32MPG에 비하여 80%이상 향상된 것으로 평가 되었다. 하이브리드 자동차의 또다른 장점으로서는 환경 친화성을 들 수 있다. 가솔린 엔진을 에너지 효율이 가장 높은 적정 부하로 지속적으로 유지하므로써 단위 리터당 유해 가스 배출을 최소화할 수 있는 강점이 있다.

현재 시판되는 하이브리드 전기 자동차의 이차전지는 대부분이 니켈 수소 전지를 사용하고 있다. 니켈 수소 전지에 비하여 에너지 밀도가 높은 리튬 이차 전지를 채용하려는 연구는 지속적으로 이루어져 왔으며, 미쓰비시사의 Fuso와 이쓰즈(Isuzu)의 경트럭 모델이 리튬 이차 전지를 채용하여 출시하였다. 자동차 업계의 정보로는 2009-2010년에는 리튬 이차전지를 채용한 하이브리드 승용형 자동차가 출시될 것으로 보여진다.

휴대기기용 소형 리튬 이차전지가 대체로 단위 부피당 에너지 밀도를 증가 시키는 방향으로 물질의 개발과 설계를 발전시켜 왔는데 반하여 하이브리드 전기 자동차용 리튬 이차 전지는 단위 부피당 출력 밀도를 증가 시키는

방향과 좁은 DOD 영역에서 긴 사이클 특성(> 1,000)을 갖는 방향으로 기술 전개가 이루어지고 있다. 일반적으로 40C 이상의 충방전 특성이 필요한데, 전지의 전극 구조 설계를 대면적화로 가져가고, 입도가 작은 활물질의 사용 등을 통하여 고출력화를 이루고 있으며, 전지 팩의 내부 저항을 최소화하는 등의 기구적인 측면의 노력 등이 이루어지고 있다. 아울러 최적의 충전과 방전 이루어질 수 있는 조건을 유지할 수 있는 BMS 개발도 병행되고 있다.

#### 나. 전기 자동차(EV)용 전지

HEV 자동차가 연비를 개선하여 에너지 소모를 줄이는데 최우선의 목적을 두고 있는 것에 반해 EV 자동차는 환경오염을 감소하는 것이 가장 큰 목적이라 하겠다. 내연기관이 없이 전원 공급장치와 전기 모터의 구동만으로 움직이게 되는 EV 자동차는 운행 중에 발생하는 환경오염 요인이 없으므로 도심의 운행에 가장 적합한 자동차 형태라 할 수 있다. 따라서 각 자동차 회사들은 EV에 대한 연구를 진행하고 있으며, 납축전지와 니켈 수소 전지를 적용한 프로토타입의 EV를 선보이기도 하였다.

현재 각 자동차 회사들은 다양한 전원 공급 방식으로 전기 자동차에 대한 연구를 지속하고 있는데, 전원 공급 방식으로는 이차전지, 연료전지, 캐패시터 등이 있지만 이차전지 형태가 가장 기술적으로 가장 앞선 형태라 할 수 있다. 현재 추정하는 전기 자동차가 120Wh/km/ton의 에너지 소모를 가질 것이므로 이로부터 환산되는 리튬 이차 전지의 성능은 에너지 밀도가 120Wh/kg, 190Wh/l 정도의 특성을 가지고 대략 1회 충전으로 195km 정도를 달릴

수 있을 것으로 보여진다. 이는 동일 크기의 니켈 수소 전지의 114km, 니카드 전지의 73km, 납축전지의 53km 주행 거리에 비하여 월등히 우수한 특성이라 할 수 있다. 아울러 같은 부피에서 낼 수 있는 출력 또한 리튬 이차 전지가 가장 크기 때문에 자동차의 등판 능력이나 출력 특성 또한 우수 할 것이다. 장기간 주차하는 때에도 전지의 자기 방전 특성 또한 리튬 이차 전지가 가장 우수함을 보여 준다. 에너지 적인 측면의 우수성과 더불어 갖추어야 할 것이 자동차의 신뢰성인데, 주행과정의 진동이나 온도 변화에 대한 적응성, 특히 안전성에 대한 검증과 개선 등이 앞으로의 리튬 이차 전지를 적용 하는데 있어서의 주된 연구 과제라 할 수 있을 것이다.

#### 다. 정치형 리튬 이차 전지

정치형 전원 시스템은 전지의 충전과 방전 조건에 따라서 아래와 같이 세부적으로 분류할 수 있다. 아울러 이차 전지로 구성되는 정치형 전원 시스템을 구축하는 것은 적용하려는 장비의 요구 특성에 적합하게 전지와 팩을 설계하고 전지 시스템을 제어하는 BMS를 추가하여 통합 시스템 설비를 완성하는 것이라 할 수 있다. 정치형 시스템의 시장 규모는 매우 크지만 가격적인 문제와 신뢰성 검증 등의 과제가 있어서 리튬 이차 전지를 채용한 제품은 많지 않으며, 산요 전기에서 통신 네트워크용 전원 공급 장치를 선보인 수준이다. 하지만 리튬 이차 전지가 갖는 높은 에너지밀도와 저장 특성 등의 이점을 활용하여 정치형 전원 시스템 분야의 적용을 위한 노력을 경주하고 있는 상황이다.

비상 대기형 전원 - 이차 전지가 항상 충전된 상태로 대기하며, 작동기에 직접 연결되어 있어서 주 전원이 끊어지거나 특정 전압 이하로 떨어졌을 때 즉각적으로 이차 전지가 전원을 공급하기 시작하여 주 전원이 복원 되거나 오퍼레이터의 조치가 있을 때까지 일정한 수준으로 지속적인 전원을 공급 하는 형태의 전원 공급 장치이다. 이러한 형태의 작동을 하는 전원 장치는 순간적 무전원 상태가 안되어야 하는 장치들에 붙어있는 보조전원으로, 통신네트워크의 전원 공급장치, UPS, 비상등이나 화재 경보 장치 등과 같은 비상/안전장치용 전원, 철도 신호 체계 전원 등이 있다. 응용 장치에 따라서 전지의 특성이 다르게 요구되는데, 통신 네트워크나 신호체계용 보조전원에 사용되는 전지는 일정한 부하를 필요 시간만큼 공급해주어야 하며, UPS와 같은 장치의 전지는 순간적으로 높은 출력을 짧은 시간 동안 공급해줄 수 있어야 한다. 현재 대부분의 대용량의 정치형 전원은 가격적인 측면에서 강점을 가지고 있는 납축전지를 사용하고 있지만, 낮은 에너지 밀도와 자기방전 특성의 단점을 가지고 있다. 또한 리튬 이차 전지의 제조 단가가 지속적으로 낮아져 에너지 밀도당 가격이 비교 경쟁 우위에 서면 대체 수요가 급증할 것으로 예상된다. 소형 UPS 장치는 주로 니켈 수소 전지를 채용하고 있지만, 자가 방전 특성에서 우수한 리튬 이차 전지로 대체 연구가 지속적으로 이루어 지고 있다.

간헐성 충전 전원 - 대표적으로 재생 에너지원과 하이브리드 형태로 구성되어 재생에너지원에 의하여 이차전지가 충전되고 재생전원이 작동할 수 없을 때에 필요한 전원을 공급해주는 역할을 하는 전원이다. 지속적으로 충전과 방전을 하기에 사이클 특성이 우수해야

하고 전원의 충전과 방전의 과정에서 에너지 손실이 적어야 하는 특징이 있어서 가역성과 효율이 뛰어난 리튬 이차 전지를 적용하려는 연구가 되고 있다.

완충용 저장 전원 - 추후에 소규모 독립 분산형 발전장치가 보급되면 터빈(turbine)이나 연료전지와 같은 분산 발전 장치가 보편화 될 것으로 예상된다. 분산 발전 장치가 가동 중 부하가 중단되는 경우에서의 발생된 전원을 흡수할 수 있는 버퍼 작동을 하는 전지가 필요하며, 빠른 충전 특성과 사이클 특성을 갖춘 적합한 전지 시스템이 필요하다.

### 3. 특수용 리튬 이차 전지

앞에서 언급한 소형 모바일 기기용 전원이거나 산업용 전원으로 사용되는 전지의 특성과는 다른 한정된 분야의 특성이나 기존의 전지의 일반적인 특성과 아울러 독특한 용도가 추가되는 특성분야의 전지를 따로 구분 지어 볼 수 있다. 예로써 의료분야에서 사용하는 장비에 적용되는 전지나 군사적인 용도로 사용되는 전지를 따로 분류 할 수 있고, 현재 일정 부분 리튬 이차 전지를 채용하고 있는 의료용 전지에 관하여 간략히 살펴본다.

#### 가. 의료용 리튬 이차 전지

사람의 생명과 관련되는 의료용 장비를 구동하는데 사용되는 전지는 일반 모바일 전자 기기 구동 시에 요구 특성에 비하여 보다 엄격한 안전성이나 신뢰성 측면의 기준을 요하며, 이를 정리해 보면 다음과 같다.

- 기계적, 전기적 이상에 대한 엄격한 안전성



- 성능 변화의 정확한 예측 가능성
- 각종 전지 특성의 오차범위가 매우 작아야 하는 신뢰성
- 긴 수명 특성 및 확실한 교체 시기 알람성
- 작은 자기 방전 특성

위에서 열거한 조건들은 주로 사람의 몸 속에 장착하거나 외부에 부착하여 생명 유지와 직결되는 기능을 하는 기기의 작동을 원활하게 하기 위한 것이다. 현재까지 의료용으로 사용되어 온 리튬 전지는 일차 전지가 주로 이용 되었고 근자에 이르러 리튬 이차 전지를 활용하려는 연구가 지속되고 있다. 리튬 일차 전지는 리튬의 낮은 환원 전위 특성에 기인하여 전지로 구성 되었을 때에 여타의 전지에 비하여 상대적으로 높은 에너지 밀도로 인한 긴 사용 시간을 유지할 수 있어 많이 활용되고 있다. 의료용으로 적용된 전지를 살펴보면, 체내에 이식하는 심장 박동 조절기(cardiac pacemaker,  $\sim\mu\text{A}$  전류) 용으로 Li/I<sub>2</sub> 전지가 사용되었고, 약물 이송 펌프(drug pump)나 신경자극기(neuro-stimulator) 용으로 Li/TC(lithium thionyl chloride)가 사용되었다. 이후로도 보다 큰 전류( $\sim$ 수십  $\mu\text{A}$  전류)를 공급할 수 있는 Li/CF<sub>x</sub>, Li/SVO(lithium silver vanadium oxide), Li/MnO<sub>2</sub> 등의 일차전지가 사용되었다. 리튬 이차 전지를 LVAD(left ventricular assist device)와 TAH(total artificial heart) 기기용 전원으로써 활용하려는 연구가 진행되었다. 일차 전지에 비하여 높은 전류 밀도를 낼 수 있고 다른 이차전지에 비하여 자기 방전 특성과 사이클 특성이 우수한 리튬 이차 전지의 장점을 활용하여 기존의 심박동 제어기에 비하여 큰 전류를 필요로 하는 두 기기의 전원으로 환자의 벨트 등에 전원 장치를 위치 시키는 형태로 연구가 진행 되고 있다.

### III. 결론

리튬 이차 전지는 여타 전지에 비하여 큰 에너지 밀도, 출력 특성, 낮은 자기 방전 특성 및 우수한 사이클 특성을 무기로 기존의 주된 응용 분야였던 휴대전화, 노트북, 캠코더의 3C라 지칭되던 대표적인 IT 기기의 전원에서 탈피하여 점차 다양한 분야로 적용 범위를 넓혀가고 있다. 우선적으로 니카드 전지와 니켈수소 전지를 사용하던 DSC, 게임기, MP3 등의 시장 대체를 이루어 가고 있으며, 최근에 시장이 형성되어 가고 있는 PNP, DMB 등의 모바일 기기는 리튬 이차전지의 가장 적합한 시장이라 할 수 있다. 최근에는 출력 특성과 안전성을 개선하여 전동 공구용 전원으로 채용되고 있으며, 조만간 HEV 시장에서도 리튬 이차 전지를 채용한 자동차를 볼 수 있게 될 것이다. 산업용 분야에서는 납축전지가 주로 차지하고 있던 분야인 정치형 전원 분야에도 우수한 자기 방전 특성과 높은 에너지밀도, 경량성을 갖춘 리튬 이차 전지로의 전환이 예상된다.

### 참고문헌

- [1] M. Broussley, "Lithium ion batteries for EV, HEV and other industrial applications" in Lithium batteries ; science and technology, G. A. Nazri, G. Pistoia (Eds.), London, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [2] W. Choi, J. Y. Lee, H. Lim, Electrochemical comm., 6 (2004) 816.
- [3] T. Osaka, M. Datta (Eds.), Energy Storage Systems for Electronics, Gordon and Breach Science Publishers, Singapore, 2000.

- [4] T. Kuniaki (Eds.), Innovative Batteries Enhanced Power Supply for the Next Stage, NTS books, 2006.
- [5] H. Takeshita, 先端二次電池市場 Program 2006 Report, 2006.
- [6] J. -M. Tarascon, Nature 414 (2001) 359.
- [7] E. S. Takeuchi, et al, "Lithium Batteries for Medical Applications" in Lithium batteries ; science and technology, G. A. Nazri, G. Pistoia (Eds.), London, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [8] D. Linden and T. B. Reddy, in Handbook of Batteries 3rd edition, D. Linden, T. B. Reddy (Eds.), McGraw-Hill, NY, 2002, p22.
- [9] K. Nakajima, Y. Nishi, in Energy Storage Systems for Electronics, T. Osaka, M. Datta (Eds.), Gordon and Breach Science Publishers, Singapore, 2000, p110.

## 저자소개

### 최완욱

1989년 2월 고려대학교 재료공학과 졸업  
 1994년 2월 고려대학교 재료공학과 대학원 졸업  
 (금속 공학 석사)  
 2005년 2월 한국과학기술원 신소재 공학과 대학원  
 졸업 (공학 박사)  
 1994년 2월-1997년 2월 삼성전자 기술총괄 근무  
 1997년 3월-현재 삼성SDI(주) 근무  
 주관심 분야 : 리튬 이차 전지

### 김성수

1993년 2월 고려대학교 재료공학과 졸업  
 1995년 2월 고려대학교 재료공학과 대학원 졸업  
 (공학석사)  
 2001년 2월 일본 동경공업대학 응용화학과 졸업  
 (공학박사)  
 1995년 2월-1997년 2월 삼성전관 중앙연구소 근무  
 2001년 3월-현재 삼성SDI(주) 근무  
 주관심 분야 : 리튬 이차 전지

### 이상민

1995년 2월 고려대학교 재료공학과 졸업  
 1997년 2월 한국과학기술원 재료공학과 졸업  
 (공학석사)  
 2001년 2월 한국과학기술원 재료공학과 졸업  
 (공학박사)  
 2001년 7월-현재 삼성SDI(주) 근무  
 주관심 분야 : 리튬 이차 전지