Special Thema

# 리튬이온전지의 응용 소재 및 특성

손종태 교수 (충주대 첨단과학기술대학 나노고분자공학과)

## 1. 서 론

문명이 발달할수록 인류는 더욱 많은 에너지를 소모하게 되고, 전기에너지를 효율적으로 저장하는 수단 또한 절실히 필요하게 되었다. 특히 전자부품의 규모와 용도는 계속적으로 다변화되는 추세이며, 이를 뒷받침하기 위해 전자부품의 심장으로 비유되는 이차전지의 효율적인 공급은 매우 중요한 과제가 되고 있다.

전지에 요구되는 특성은 그 용도에 따라 중요성의 정도가 달라진다. 전자기기의 소형화, 경량화, 고기능화에 부합하여 그 전원으로써 고에너지밀도, 긴 수명을 가진 전지의 개발이 진행되어 왔다. 이러한 요구에 대응하여 상대적으로 원자량이 작고, 낮은 표준환원전위를 가진 리튬을 전하전달자로 사용하는 리튬계 이차전지에 관한 연구가 전 세계적으로 활발하다. 이미 리튬계 이차전지의 경우는 휴대전화(Cellular Phone), 캠코더 (Camcorder), 노트북 컴퓨터 (Laptop Computer)등 작동 시 고전류밀도를 필요로 하는 기기의 전원으로서는 가역성을 가진 전지가 경제적인 측면에서 유리하고, 또한 최근 관심이 커지고 있는 하이브리드 자동차, 플러그인 자동차, 전기자동차에의 응용면에서도 리튬이차전지의 개발이 유망하다

과거 고에너지밀도, 고수명의 소형화, 슬림화를 목표로 기술이 개발되었으나, 수송용 전지의 경우에는 자동차 출력을 증가시키기 위한 고출력 특성 및 승객의 안전을 고려한 고안전성의 전지를 개발하려는 연구가 진행되고 있다.

기술자들은 보다 안전하고 출력이 높은 전지를 구현하고자 끊임없이 노력하고 있으며 이러한 노력은 현재 차세대 리튬이차전지 시장을 주도하고 있는 HEV용 전지제품들로 대변되고 있다. 우리나라는 삼성SDI, LG화학을 필두로 중대형 전지시장의 선두역할을 하고 있으며 고출력, 고안전성 등 고객의 요구를 수렴하기 위해 한층 업그레이드 된 제품들을 속속 내놓고 있다. 이러한 요구에 부응하여 LG화학의 리튬이차전지 배터리를 채용한 현대 하이브리드 자동차가 세계에서 처음으로 2009년 시장에 선보일 예정이다.

유가급등과 환경문제에 대한 우려 등으로 HEV용 리튬이차전지가 비약적인 발전을 이루어 시장을 형성하려 하고 있으나, 저온에서 출력이 저하되어 기존의 납축전지를 보조전지로 사용하고 있는 실정이며 안정성에 대한 우려가 증폭되고 있다. 중대형 리튬이차전지 소재기술이 발전하여 고출력 및 고안정화의 안정궤도에 올라온다면 연료절감 및 환경오염물질 최소화 등의 장점을 바탕으로 일반 자동차 시장을 압도하여 우리 생활 전반에 침투할 것이다. 현재의 리튬이차전지시장의 발전속도를 고려했을 때 국내최고의 리튬이차전지 기술을 확보하고 있는 삼성SDI 리튬이차전지 배터리를 채용한 자동차가 곧 우리들의 생활 속에서 사용하게 될 날이 멀지 않았음을 예상할 수 있다.

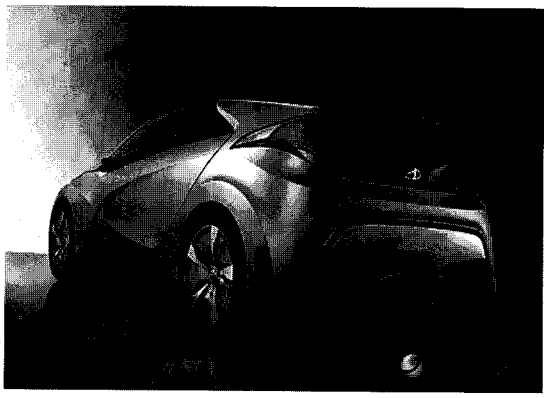


그림 1. 현대 자동차 플러그인 하이브리드 카.

그림 2. 삼성SDI의 소형 리튬이차전지.

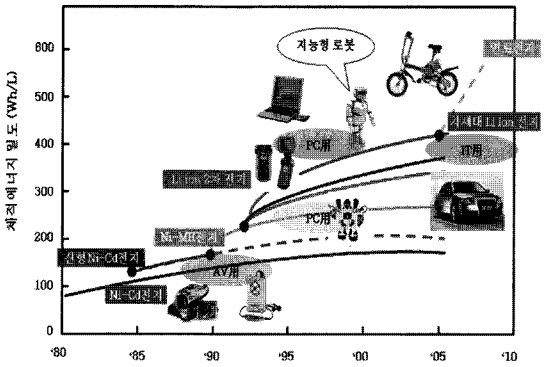



그림 3. 이차전지의 발전 방향.

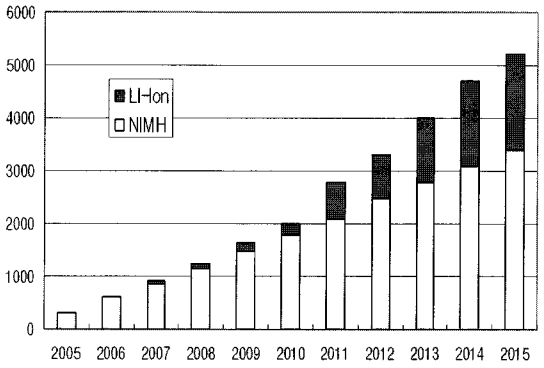



그림 4. 세계 HEV용 전지의 시장 규모(M US $ : Source : Avienne Development, Batteries 2006 , June).

## 2. 본 론

본 절에서는 HEV용 이차전지의 기술개발방향 및 작동원리에 대해 설명하고 특허출원으로 살펴본 기술개발 진행상황에 대해서 소개하고자 한다.

### 2.1 기술개발 방향

HEV용전지의 기술 개발방향은 과거와 현재에 걸쳐서 도요타의 프리우스 등의 자동차에서 Ni-MH를 채용하다가, 단일 셀 전압이 Ni-MH보다 3배 가량 높고 가벼와 고연비에 유리한 리튬이온계 이차전지로 그 기술 패러다임이 변화되고 있다. 다만 아직까지는 Ni-MH의 가격이 리튬이온 전지에 비해 싸고, 품질이 안정적이며 倔발 가능성이 적은 Ni-MH를 계속 채용하고 있으나, 고출력 및 고연비의 필요성이 절실하여 리튬이차전지의 개발이 더욱 가속화되는 실정이다.

그림 4의 세계 HEV용 전지의 시장규모를 살펴보면 리튬이차전지가 Ni-MH의 시장을 잠식할 것으로 예상하고 있다. 아무리 보수적인 전망일지라도 2015년에 HEV용 리튬이차전지 시장 규모는 전세계적으로 40억 달러에 달할 것으로 예측한다. 그리고 연평균 성장률도 13 % 이상으로 고속 성장할 것으로 예상하고 있다.

수송용 전지 등 고출력, 고전압을 요구하는 분야에서는 기존의 Ni-MH전지에서 리튬이차전지로의 전환이 진행되고 있는 중이며 가격, 저온특성, 안정

성 확보가 여타 다른 전지에서 리튬이차전지로의 전환에 주요한 고려사항이 된다.

### 2.2 리튬이차전지의 작동원리

상이한 재료간에 전위가 서로 다름으로 인하여 전위차가 발생하고 이로 인해 전자이동현상이 수반된다. 이를 이용하는 것이 전지의 기본원리이다. 리튬이차전지는 전기화학적으로 리튬을 삽입할 수 있는 정극 및 음극 재료와 리튬이온을 수송할 수 있는 매질로써 리튬염 유기용매를 전해질로 사용한다. 정극의 리튬은 충전지 정극으로부터 탈리되고 방전시 정극으로 삽입된다. 이와 같이 리튬의 흡탈착이 가능한 재료로 정극에 사용되는 대표적인 재료가 코발트산 리튬이다.

그림 5는 리튬이차전지의 작동원리이다. 리튬이차전지의 특성으로 정극 및 음극의 전위차를 나타내는 전압특성 외에 전위평탄성이 있다. 전위평탄성은 방전 중 전위변화가 적을수록 우수하다. 실용적인 전지는 사용 전위구간에서 충전 및 방전 전기량이 큰 재료로 구성되어 용량 및 출력이 커야한다. 에너지밀도특성은 전지용량, 평균방전전압, 전지중량, 전지체적으로부터 유도할 수 있는 전지의 기본특성이다. 이차전지는 충방전에 따른 가역성이 우수하여야 하고 재료의 구조붕괴가 없어야 한다. 리튬이차전지는 충방전의 따른 재료의 구조붕괴가 적은 구조삽입 및 탈착 재료를 사용하는 전지로써 기존의 다른전지보다 현저히 개선된 전기화학 특성을 가진다.

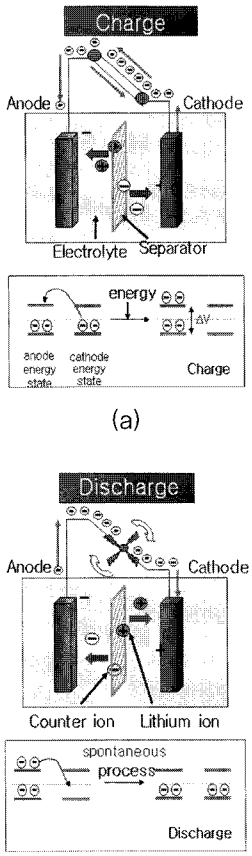



그림 5. 리튬이차전지의 원리.

### 2.3 특허출원으로 살펴본 HEV용 리튬이차전지 개발 상황

한국은 2007년을 기점으로 특허출원건수가 급증하고 있으며, 일본은 2005년까지는 급격하게 특허출원이 증가하다가 최근에는 상대적으로 적은 량의 특허가 출원되고 있다. 일본은 이미 소재 및 전지조립 분야의 원천기술을 중심으로 특허출원을 완료한 상태이고 기술적으로 성숙기에 접어들었다고 판단할 수 있다. HEV용 전지시장이 활성화되는 시점에서 한국 등은 원천기술 부재로 인한 지식재산권 분쟁등의 휩싸일 가능성이 높은 현실이다.

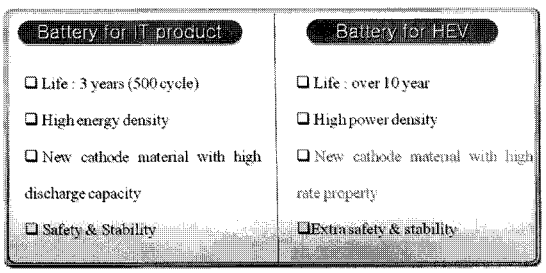



그림 6. HEV용 전지의 요구되는 특성.

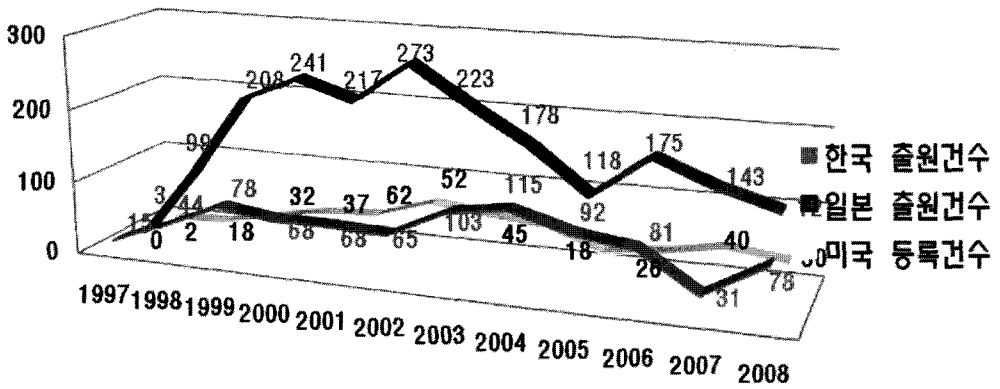



그림 7. HEV용 리튬이차전지의 한국, 일본, 미국 출원 동향.

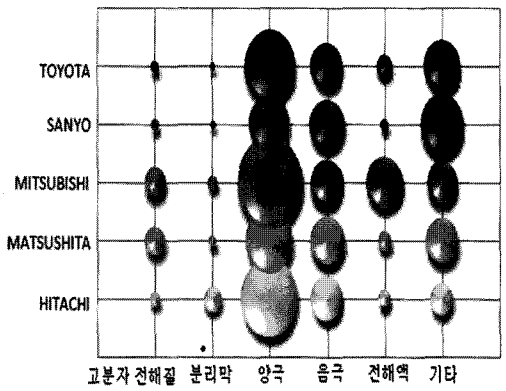



그림 8. HEV용 리튬이차전지의 일본시장 다출원인.

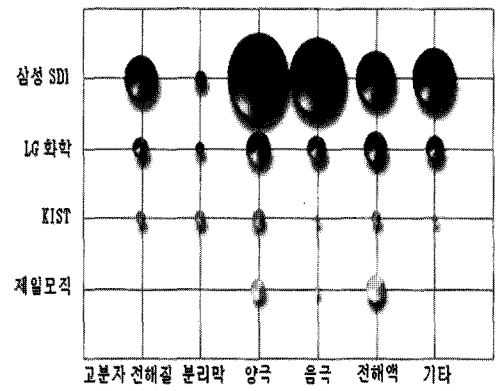



그림 9. HEV용 리튬이차전지의 한국시장 다출원인.

일본 내 다출원사별로는 도요타, 산요, 미쯔비시, 마쯔시다, 히타찌 등이며 특허출원이 한 회사에 집중적으로 분포되어 있지 않았다. 특이할 만한 점은 양극과 음극 소재에 집중적으로 기술개발이 진행되었으며, 이는 단순 공정 기술개발보다는 핵심소재 기술개발에 박차를 가하고 있는 것으로 해석될 수 있다.

한국은 일본과 달리 삼성SDI가 기술을 리딩하고 있으며 LG화학, KIST, 제일모직 순으로 조사가 되었다. 특이할 만한 점은 양극과 음극 등 소재뿐 아니라 전해액 및 셀조립 분야에 특허출원이 분산되고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 양극과 음극등에서 원천소재 기술을 갖고 있는 일본 때문에 전해액 첨가제 및 셀 조립등 특허출원이 용이하지만 기술난이도가 낮은 분야에 많은 특허를 출원하고 있는 것으로 해석될 수 있다.

## 3. 결 론

지금까지 살펴본 것처럼 HEV용 리튬이차전지는 안전성 및 출력에서 해결해야 할 숙제를 많이 가지고 있다. 하지만 연구가 가속화되면서 초기의 문제들이 하나씩 해결되고 있는 상황이다. 안전성과 출력에 관련된 문제만 해결된다면 리튬이차전지는 현재의 대표적인 HEV용 전지인 Ni-MH보다 우수

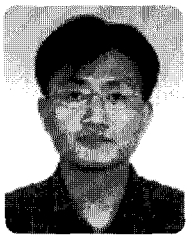
한 장점들을 가지고 차세대 전지로써 새로운 영역을 구축해 나아갈 것이며 미래에 전개될 전기자동차에 적합한 전지로서의 고효율, 고전압 등의 장점을 가지고 더 가깝게 우리들의 생활 속에 나타나게 될 것이다.

다만, 특허출원 동향에서 살펴본 바와 같이 일본의 원천소재기술을 회피 또는 극복해야 할 과제를 갖고 있다. 이를 해결하기 위한 기업과 정부의 많은 원천소재 기술개발 노력이 필요할 것으로 사려된다.

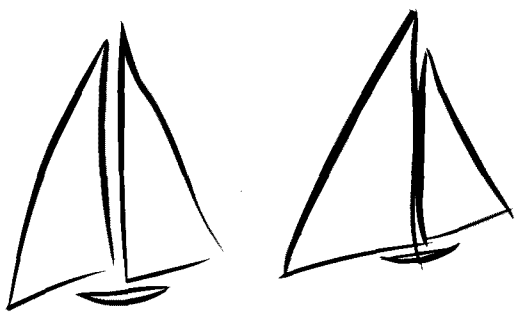
## 참고 문헌

[1] 요시오 마사키, '리튬이온 이차전지.'
[2] 'HEV용 전지 기술의 현황과 전망', 삼성경제연구소, 2007.
[3] 손종태, 'HEV용 리튬이차전지', 특허청, 2007.
[4] Goodenough, 'Cathode material for HEV battery', Solid State Ionics, 2007.
[5] 강충수 외 2명, 'HEV용 리튬이차전지 소재기술', 특허청, 2008
[6] 에너지기술연구회 보고서, 'HEV용 전지 기술의 현황과 전망', 특허청, 2007.
[7] 전자신문, www.etnews.co.kr

**저|자|약|력**



**성 명 : 손종태**

◈ 학 력
· 1995년
성균관대 재료공학과 공학사
· 1997년
서울대 대학원 무기재료공학과 공학석사
· 2004년
한국과학기술원 재료공학과 공학박사

◈ 경 력
· 1998년 – 1999년 전자부품재료설계연구센터 연구원
· 2004년 – 2004년 미국 로렌스버클리 국가연구소 에너지분과 포스닥 연구원
· 2004년 – 2005년 삼성SDI 중앙연구소 고출력 이차전지분야 책임연구원
· 2005년 – 2008년 특허청 환경화학심사팀 에너지분과 사무관
· 2008년 – 현재 충주대 나노고분자공학과 교수