

2차전지 핵심소재 및 원천기술 개발

김주선, 이종호, 이해원, 윤영수
 한국과학기술연구원 나노재료연구센터, *건국대학교 신기술융합과
 joosun@kist.re.kr

1. 서론

차세대 2차전지 산업은 21세기의 국가간 핵심경쟁요소인 3E “에너지(Energy), 환경(Environment) 및 경제(Economy)” 문제를 동시에 추구하여 달성할 수 있는 사업으로서 미래 산업의 가장 중추적 역할을 담당할 것으로 전망된다. 차세대 2차전지 산업의 핵심은 현재 가장 뛰어난 성능을 보이는 리튬 2차전지에 고에너지 밀도, 초소형화 등의 특수기능을 부가할 수 있는 핵심소재 및 원천기술을 개발하는 것과 미래의 특수용도(친환경성, 고용량, 고출력)에 필요한 미래형 2차전지를 개발하는데 있다. 최근, 정부 주도로 선진국 도약을 위한 핵심 산업의 경쟁력 확보차원에서 세계시장의 규모, 전략적 중요성, 미래 시장, 기술 변화추세, 국가 경쟁력확보 가능성, 국내 경제, 산업으로의 파급효과 등을 고려하여 10대 차세대 성장 동력 사업을 선정하고 중점 추진하기로 하였다. 이중 2차전지가 포함된 것은 주지의 사실이며, 이에 따른 정부의 향후 기술개발 의지에 대한 관심이 산·학·연을 중심으로 매우 높은 시점에 있다. 이에 본고는 차세대 성장 동력 사업으로 추진되고 있는 2차전지 사업에서 중점 추진될 핵심기술, 특히 고성능 리튬 2차전지 및 차세대 2차전지 개발에 필요한 핵심소재 및 원천기술에 대하여 소개하고자 한다.

2. 2차전지 기술의 개요 및 중요성

2차전지 중 리튬이온 2차전지는 1990년 Sony사가 상용으로 개발한 이후 2차전지를 대표하고 있다. 리튬이온 2차전지의 최대 장점은 표준전압이 약 4.1 V로

NiCd 및 NiMH 전지의 약 3배, 납축전지의 약 2배 이상이며, 단위 부피당 및 단위 무게당 상대적으로 높은 에너지 밀도를 구현할 수 있다는 점이다. 따라서 리튬이온 2차전지야말로 전 산업분야에서 광범위하게 사용될 수 있는데 특히 IT 제품의 고성능화에 직접 기여하고 하이브리드 전기자동차(HEV) 등에도 적용이 확실히 시되어 화석에너지의 절약 및 환경공해 개선에도 기여할 것으로 기대되고 있다. 한편, 핵심소재기술은 고성능 2차전지 기술의 발전을 유도할 뿐만 아니라 탑재되는 IT 기기 및 HEV 등 최종제품의 기술 및 가격 경쟁력을 좌우하는 등 전후방산업의 기술발전을 견인할 것이다. 최근, 핸드폰, 노트북 PC, PDA 등 Mobile IT 제품의 보급 확대로 고성능 2차전지와 해당 전지소재의 폭발적 수요증대가 예상되고 있으며 이중, IT 기기의 소형화, 경량화, 고성능화 요구에 부응할 수 있는 리튬2차전지가 시장을 주도할 것으로 예상된다. 그러나 미래형 전지 체계로 주목 받고 있는 Doping형 Carbon계/Carbon계 Accumulator 및 Zn/Air 2차전지는 현재로는 경제성이 낮으나 원천기술 확보로 세계전지시장을 선점할 수 있는 기반이 마련되는 경우 성장 잠재력이 막대할 것으로 보인다.

2차전지의 소재기술은 세라믹, 화학, 고분자, 금속 등 전지 구성재료의 핵심기술과 함께 기계 및 전자 등 다양한 기술의 협력이 필요한 다학제적 성격이 강하며 2차전지의 종류(리튬2차전지의 핵심소재, Doping형 Carbon계/Carbon계 Accumulator 및 Zn/Air 전지 등)에 따라 핵심요소기술이 서로 달라 장기간의 연구개발이 필요하고 인력 및 연구비의 지속적인 투자 또한 요구된다.

3. 국내외 2차전지 기술개발동향

미국은 1990년 초 리튬이온 2차전지 개발에 선도적인 역할을 수행하였음에도 불구하고 상용화 주도권을 일본에 추월당한 이후, 최근에는 정부 주도형으로 USABC 프로그램 및 PNGV 프로그램을 통해 전기 자동차용 등 대형 리튬 2차전지 개발에 주력하고 있다. 한편, 차세대 2차전지에 대한 개발도 충실히 수행하여 Zn/Air 2차전지 등에 관한 기초 및 원천기술을 가장 많이 확보하고 있으며 경제성, 환경친화성을 고려한 새로운 소재 개발에도 박차를 가하고 있다. 특히 대용량 고효율 HEV용 등의 적용에 대비한 리튬 2차전지 핵심소재 및 전지시스템 연구에 집중하고 있다. 한편, 일본은 1990년 리튬이온 2차전지를 최초로 상용화한 이래로 현재까지 리튬 2차전지 관련 기술이 가장 앞서 있으며, 최근에는 정부 차원의 대형 2차전지의 개발에 전폭적인 지원을 하고 있다. 대표적인 프로그램이 1993년부터 지원되고 있는 "New-Sunshine" 프로젝트 인데, 대형 리튬2차전지 기술 개발 및 인프라 구축을 정부가 전면 지원하고 있으며, Doping 형 Carbon계/Carbon계 Accumulator 및 Zn/Air 2차전지 등의 차세대 전지 또한 민간용으로 개발 중에 있다. 그 밖에 유럽 공동체(EU) 역시 "Joule Program"에 의하여 차세대 2차전지를 중점적으로 개발하고 있으며, 중국은 저렴한 노동력과 풍부한 내수시장을 바탕으로 리튬2차전지의 생산능력을 매년 배가시키고 있을 뿐만 아니라 정부도 '十五계획' 등으로 연구개발에 매우 적극적이다.

국내의 경우 연구개발 관련으로는 IT 기기용 리튬2차전지의 개발이 주류이며 리튬이온전지의 생산기술은 일본과 거의 동등한 기술력을 확보하고 있는 것으로 판단된다. 그러나 2차전지의 소재와 관련한 원천기술 등 기반기술은 취약하며, 특히 소재의 대부분은 일본에서 수입하고 있는 것이 현실이다. 정부 차원의 전지기술개발 지원 또한 매우 적극적이었음에도 불구하고 산업기술개발 중심이었기 때문에 원천기술 및 소재개발에는 부족함이 많았다. 그간의 연구개발 프로그램을 살펴보면, 산자부 지원의 '차세대소형전지 중기거점기술개발'로 전지제조 및 생산공정 위주의 기술개발 (5년간 220억원), 산자부 및 과기부 지원의 G7사업인 '전기자동차용 고성능전지

기술 개발'로 Ni-MH전지, 리튬 2차전지 및 리튬 고분자 전지를 개발하였으며 산자부 지원의 부품소재기술개발 사업인 'Advanced Lithium Battery 개발'로 고성능 2차전지 및 관련 기술개발을 수행한 바 있다. 현재는 21세기 프린티어사업 중 '나소소재기술개발사업'으로 2차전지용 나노전극재료 기술을 개발중에 있다. 그러나 연구인력과 연구비 규모가 선진국에 비해 매우 낮아 향후 전지 시장을 선도할 차세대 전지의 기술경쟁력은 전체적으로 취약하다고 보아야 한다.

특이한 점은 삼성 SDI와 LG화학이 비록 1차전지 생산경험은 없었지만 2차전지 산업에 성공적으로 진입하여 일본에 근접한 세계 수준의 전지생산기술을 확보하고 있다는 것이다. 따라서 향후 개발 결과의 수요처를 국내에 확보하고 있다는 점에서 현재 논의하고자 하는 차세대 성장동력으로서의 2차전지 기술의 성공 가능성이 높으며, 이러한 구조를 적극 활용하여 소재중심의 핵심원천기술 및 차세대 리튬 이온 2차전지 기술을 성공적으로 개발한다면 다음 세대의 시장 주도권을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 2차전지용 핵심소재 기술

전지는 정극(cathode), 부극(anode), 격막(separator), 전해질(electrolyte)의 4가지 구성요소로 되어 있으며 이들을 스틸 또는 알루미늄 캔에 밀봉하여 제조한다. 전지는 캔 내부에서 정극과 부극의 활물질이 전기적, 화학적 반응을 일으켜 전기를 발생시키도록 만든 것이며, 전자를 잘 방출할 수 있는 물질(ex. Carbon)로 되어있는 부극에서 산화반응이 일어나 금속은 양이온이 되고(Li+) 전자는 외부 도선을 통하여 정극으로 이동한다. 정극(ex. LiCoO₂)에서는 환원반응이 일어나며, 부극으로부터 이동되어 온 전자로 정극의 환원반응이 완성된다. 이때 전해액은 이온의 이동이 가능하도록 매개체 역할을 하며 격막이 정극과 부극의 물리적 접촉을 막아 전기-화학적 반응이 일어난다. 최근 2차전지의 개발방향은 에너지밀도 향상과 환경문제 개선 그리고 경제성 확보에 중점을 두고 진행되고 있다. 현재 이러한 기준에 맞춰 가장 활발히 연구 개발되고 있는 전지가 리튬이온전지이다. 따라서

Table 1. 일반적인 리튬이온 2차전지의 제조공정

구성요소	재 료	두께(mm)	제조공정
정극	LiCoO ₂	100	- 정극활물질을 용매(NMP)중에서 바인더(PVDF 수지)와 혼합하여 페이스트 상으로 제조 - 전극의 도전성을 증가시키기 위한 흑연을 첨가 - 알루미늄박 (20μm)의 양면에 페이스트를 도포한 후 건조
부극	탄소	100	- 정극활물질을 용매(NMP)중에서 바인더(PVDF 수지)와 혼합하여 페이스트상으로 제조 - 동박 (10μm)의 양면에 페이스트를 도포한 후 건조
전지조립			- 활물질을 도포 후 건조한 정극, 부극은 크기에 맞도록 절단 - 전극에 리드선을 용접한 후 정극/세퍼레이터/부극/세퍼레이터의 순으로 겹쳐서 원통형으로 말아 전극소자를 형성 - 소자는 캔에 삽입하여 부극 리드선을 캔저부에 용접 - 캔에 전해액을 주입하고 정극리드선을 용접한 후 캡을 씌워서 밀폐.

Table 2. 국내 2차전지 산업체 구성

2차전지 셀	부품·소재	생산장비	Pack 전지
· LG화학 · 삼성SDI · SKC · 새한에너지테크 · 서동 · 이스케이텍 · 바이어블코리아 · 코캠엔지니어링 · 파워셀 등	· 한화석유화학 · LG이노텍 · 로케트정밀 · 신화인터텍 · 삼이알미늄 · 삼성석유화학 · 한국유미코아 · 제일모직 · 체스이젤 등	· 서동테크놀로지 · 엘리코파워 · SKC · 새한에너지테크 · 로케트정밀 · SFA · 태경테크놀로지 등	· 바이어블코리아 · SMC · 한림산전 · 성우에너지 · 셀콤 · 성남전자 · 에너뱅크 · 새한에너지테크 · 영보 · 이렌텍 등

고 사이클 수명이 긴 것이 장점이며 초기에는 비정질계의 탄소가 사용되었으나 그 후 결정성이 높은 흑연이 전지 성능을 개선한다는 보고가 있어 최근에는 이에 대한 연구가 활발하다. 기존 2차전지는 대부분 유기 전해액을 전해질로 사용하였으며 리튬이온 전지의 경우에도 초기에는 비수질계 EC 및 DMC가 주로 사용되어 왔

리튬이온전지용 구성소재들의 개발도 이러한 요구조건에 맞춰 이루어지고 있는데 특이할만한 점은 구성성분 중 정극재와 부극재로 세라믹 재료가 사용되고 있다는 것이다. 리튬 2차전지는 그 형태에 따라 제조공정이 약간 다르나 대표적인 제조공정은 Table 1과 같다.

지금까지 리튬이온전지 정극재료로는 코발트산, 망간산, 니켈산 등의 리튬 화합물들이 사용되어왔다. 그중 코발트산 리튬은 회소성이 높은 금속으로 전극특성이 뛰어나며 합성이 용이하다는 장점이 있으나 가격이 비싸서 최근에는 이를 대체하기 위한 망간산 리튬 및 니켈산 리튬 개발이 활발히 진행되고 있다. 그러나 아직까지 망간산 리튬은 코발트 산화물에 비해 용량이 작다는 단점이 있으며 니켈산 리튬은 용량은 크나 안정성 확보나 충방전 사이클 수명 등에 문제점이 있어 이를 해결하기 위한 연구에 초점이 맞추어지고 있다.

리튬이온전지의 부극재료는 탄소계 재료가 가장 많이 사용되고 있으나 최근 들어 탄소 음극소재의 이론용량을 극복할 수 있는 고용량의 신규 음극소재인 주석 화합물 및 금속 리튬에 대한 연구개발이 진행되고 있다. 탄소 재료는 층상물질의 층간에 흡장될 수 있어 안정성이 높

다. 그러나 최근에는 고분자 전해질에 대한 관심이 높아지면서 겔 전해질 및 고체 고분자 전해질 등의 개발이 진행되고 있으며 특히 전도성 향상효과가 고체 고분자 전해질에서도 확인됨에 따라 전해질로서의 무기재료 계열의 재질에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

그 밖에 중금속 등 환경오염물질이 함유되지 않은 고풍력·환경친화성의 Carbon계 어큐뮬레이터 개발 등 친환경소재를 채택한 미래형 전지 개발이 추진되고 있으며 리튬이온전지의 다음세대로 리튬폴리머전지, 니켈계 양극 2차전지, 금속리튬 2차전지, 유황계양극 폴리머전지 등의 개발도 추진되고 있다.

한편 기존 2차전지 보다는 그 용량은 작지만 박막공정 기술을 이용하여 시스템을 소형화함으로써 휴대용기기나 의료용 기기의 내부 회로기판에 직접 내장할 수 있는 마이크로 전지도 차세대 발전시스템으로 각광받고 있다. 마이크로 전지는 2차전지 소형화의 극단적인 예로 CMOS, 스마트 IC 카드, 초박형 센서 등과 같이 능동 및 수동으로 동작하는 모든 종류의 초소형 정밀기기 및 시스템에 독립적인 전원으로 적용할 수 있다. 현재 마이크로 전지는 기존의 리튬이온 2차전지 시스템을 소형화시

Table 3. 국내 주요 리튬이온 2차전지 메이커의 생산규모 및 최근 개발동향

업체명	생산규모	최근 동향
삼성SDI	550만셀/월	· 2005년까지 1,500만셀/월 규모로 확대해 세계 1위 전지업체로 부상 목표로 투자 · 4월 노트북용 2,200 mAh 전지를 LG화학에 이어 양산 개시
LG화학	350만셀/월	· 2003년 700만셀/월에 이어 2005년까지 1,500만셀/월 규모로 확대 계획 · 1월 노트북용 2,200 mAh 전지를 일본에 앞서 세계 최초로 양산 개시
SKC	25만셀/월	· 4월부터 리튬이온폴리머 양산라인 본격 가동 · 2003년까지 100만셀/월 규모로 투자 확대
새한에너테크	1만셀/월	· 7월부터 리튬이온폴리머 10만셀/월 규모의 양산 개시

킨 고상박막 폴리머 전지와 고상박막 유리질을 이용한 새로운 완전 고상 초소형 전지시스템으로 구분되어 연구되고 있다.

5. 국내외 관련 산업현황

국내의 2차전지 산업은 셀 생산 업체, Pack 생산 업체, 부품 및 소재 업체 그리고 장비업체로 구성되어 있으며 이에 따라 분류한 국내 관련업체들을 Table 2에 나타내었다. 한편, 리튬이온 2차전지의 국내 주요 메이커들에 대한 생산규모 및 최근 개발동향 등을 정리하여 Table 3에 나타내었다.

한편, 세계시장의 경우에는 대부분을 일본 업체가 장악하고 있으며 후발주자로서 한국, 중국, 대만 기업들이 참여하고 있다. 그중 현재 2차전지 시장의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 리튬이온 2차전지의 생산업체별 시장 점유율과 국가별 기술적 장단점을 정리하면 Table 4 및 5와 같다.

기존의 2차전지 선발업체들의 경우 이미 설비투자에 대한 감가상각을 끝낸 상태이므로 후발주자인 국내 업체들에 비해 가격 경쟁력에 대한 우월성이 있다. 더구나 노키아, 에릭슨, 모토로라 등의 휴대폰 업체나 Dell, Toshiba 등 세계 굴지의 노트북 제조업체들은 물론 국내 생산업체들도 제품공급의 안정성과 신뢰성을 이유로 기존의 공급선 변경을 주저하고 있어 국내 2차전지 업체의 국내외 시장 진입이 용이하지는 않다. 국내 2차전지 업체의 경우, 대부분은 아직 경제적 생산규모를 이루지 못

Table 4. 리튬이온전지의 생산업체별 시장점유율

국가별 구분	기업명	시장 점유율 (%) - 2002년 통계
일본	산요전지	24
	소니	21
	미쓰비시전지공업	10
	기타	20
기타 (한국, 중국, 대만)	BYD	11
	삼성 SDI	7.5
	LG 화학	5
	기타	1.5

해 안정적 경영이 어려운 상황이며 단기간에 2차전지 산업을 구축하려다 보니 셀 업체, 부품-소재 업체, 장비 업체 등의 수직적 산업구조 형성이 폐쇄적으로 형성되어 생산성 향상을 통한 비교 우위 창출이 어려운 상황이다. 특히 산업화 위주의 연구개발이 집중되면서 대학, 연구소 등의 선행기술 연구기반이 취약하고, 이로 인해 전문 인력의 공급 또한 부실하여 전지 산업의 장기적 발전에 장애요인으로 남아있다.

6. 시장 전망

앞으로의 2차전지 수요는 더 작고, 가볍고, 얇은 것을 요구하고 있으며, 이러한 고객의 요구에 의해, 제품의 고용량화, 고성능화에 의한 지속적 수요확대 및 적용기종의 확대가 예상된다. 세계적으로 리튬 2차전지의 용도별 시장은 핸드폰(65.5%)과 노트북(13.3%)이 대부분을 점유하며, 지역별로는 일본 및 중국을 중심으로 한 아시아, 북미, 유럽 등의 순서로 점유될 것으로 전망된다. 규모면에서는 전지산업 전체가 2000년 136억불에서 2006년 178억불 규모로 성장하고, 그 중 2차전지의 비중이 크게 확대될 것으로 전망된다. 소형 2차전지의 시장은 2002년 131억불 (LCD \$210억, D램 \$119억과 비교), 2006년 184억불, 2010년에는 230억불 규모로 성장할 것으로 전망되며 10년 후에는 신규소재를 적용한 차세대 전지가 세계시장의 10%를 점유할 것으로 전망되고 있다.

국내시장의 경우에도 크게 다르지 않아 2012년 2차전지 산업은 세계일류 상품화 달성 및 세계 1위 전지기술 및 생산국가 달성이 가능할 것으로 전망되고 있다. 이때의 시장점유율은 40% (세계 1위), 2차전지 생산량은 28,700만셀/월, 연간 수출액 69억불에 달할 것으로 예상하고 있다. 물론 이러한 긍정적인 예상은 국내의 2차전

Table 5. 주요 국가별 2차전지 산업의 특징 및 기술적 장단점

국가	기술적 특징	
	장 점	단 점
일본	- 생산 및 제품화 기술 - 시스템 개발력 - 광범위한 인프라 구축 - 기술개발의 지속적 투자확대	- 원천기술 부족
중국	- 막대한 자금투입 - 잠재시장수요 막강 - 저임금 노동력으로 저가공세	- 기초기술개발능력 취약 - 전문 고급기술인력 부족 - 대외의존도 심화 - 자동화 기술축적 미흡
미국	- 기초연구 개발력 우수 - 정부의 벤처기업 육성강화 - 풍부한 자금 및 인력	- 생산기술 및 상품화 기술 열세 - 양산화 투자 부족(기술판매에 치중)
유럽	- 기초연구 확대 - 국가연함으로써 기술개발 - 환경보호 의지	- 제품 개발력 및 상품화 양산 투자 미흡
대만	- 막대한 기술자금 지원 - 제반 인프라 구축	- 기초기술개발 능력 취약 - 고급기술인력 부족 - 소재, 부품, 설비개발능력 취약
한국	- 국가/대기업의 적극적 투자 - 상품화연구 활발 - 휴대용기기 등 관련산업 발전 - 양산화 연구개발 활성화	- 기초연구 및 전문기술인력 부족 - 소재, 부품, 설비 등 인프라 기반 취약 - 차세대 및 대형분야 상품화 개발 투자 미흡

Table 6. 향후 10년간의 2차전지 시장규모 예측 (단위: 억원)

구분	2000	2002	2006	2008	2010
소형2차전지	63,000	76,000	100,000	122,000	150,000
산업용2차전지	78,000	82,000	88,000	90,000	92,000

지 산업이 차세대 성장동력으로서의 역할을 충분히 수행하는 전제하에서의 시장예측이며 Table 6에 나타난 2차전지시장의 성장 예측을 기반으로 하고 있다.

7. 차세대 성장동력으로서의 2차전지 핵심 기술

최근에 발표된 차세대 성장동력으로서의 2차전지 기술 개발전략은 미래형 2차전지 등의 핵심원천기술분야는 과기부 주도의 지원사업을 통하여 개발하고 고용량, 고출력 및 고안정성 리튬 2차전지의 상용화기술은 산자부 주도의 지원사업을 통하는, 이른바 이원적 지원을 통한 차별화 및 유기적 구조의 형성을 근간으로 하고 있다. 사업의 형태는 별도의 사업단을 구성한 후 연구소를 주관연구기관으로 하여 대학과 산업체를 연계하는 산학연 체제를 지향하고 있다(Fig. 1). 아울러 차세대 성장동력 추진계획에 포함된 2차전지 기술 로드맵을 Table 7에 나타내었다.

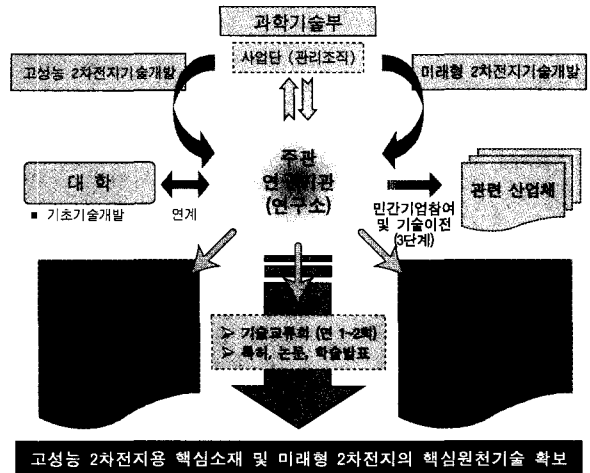


Fig. 1. 차세대 성장동력으로서의 2차전지 기술 개발 추진 체계.

8. 결 론

최근 들어 기업간 경쟁이 날로 심화되면서 2차전지 관련 기업들은 저가재료의 개발, 양산공정의 지속적 개선, 생산규모의 확대 등을 통한 원가절감 노력을 지속하고 있는 바 현재 2차전지 산업에 있어 경쟁력의 핵심은 전극소재, 전해질, 세퍼레이터 등 4대 핵심소재의 개발과 자동화 설비 구축에 있다고 할 수 있다. 국내기업의 경우 현재 전지제조공정 기술은 이미 기술선진국 수준에 도달한 상황이나 소재 및 장비기술은 아직 대외 의존도가 높다. 특히 관련 원천기술은 대부분 일본과 미국에 의존하고 있으며 원재료의 대부분은 일본으로부터 수입하고 있어 재료조달의 안정성면에서나 가격경쟁력에서 어려움을 겪고 있다. 특히 국내의 2차전지 소재업체는 기술력 및 마케팅력의 열세와 R&D 여력의 부족으로 향후 차세대 2차전지 시장에서의 국가경쟁력 확보에 어려움이 예상되고 있다. 따라서 국내기업들은 원재료의 국산화를 적극 추진하여야 하며 양산기술을 지속적으로 개선함으로써 선진기업군들과 경쟁할 수 있는 가격경쟁력을 확보하여야만 한다. 보다 장기적으로는 독자적인 재료 및 공정기술을 확보하는 데에 기업들 뿐 아니라 대학 및 연구소, 정부 등의 유기적인 협력체계를 구축함으로써 국내 2차전지산업의 경쟁력을 높이고 미래형차세대전지의 원천기술 및 응용기술을 확보하기 위한 노력을 계속해야 한다.

Table 7. 차세대 성장동력 2차전지 기술로드맵

기술 분야	1단계 (3년) 핵심소재 및 요소기술 개발			2단계 (3년) 시스템 최적화기술 개발			3단계 (4년) 시스템의 신뢰성향상기술 개발			
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Olivine 구조를 갖는 양극재료 개발	고에너지밀도 Olivine 구조의 양극소재 개발			금속치환을 통한 고에너지밀도 Olivine 구조의 양극소재 개발						
	LiMPO ₄ (초기용량 대비 80% 이상@500cyc.)			LiM _{1-x} N _x PO ₄ (초기용량 대비 85% 이상@500cyc.)						
고성능 층상 복합산화물 핵심제조기술개발	고성능 층상 복합산화물 핵심제조기술개발			고성능 층상 복합산화물 제조기술 최적화			고성능 층상 복합산화물 제조기술 최적화 및 신뢰성향상			
	최적조성선정 (초기용량 : 240 mAh/g)			양이온 치환종류와 양에 따른 결정구조, 리튬 가역성과의 관계 고찰 (초기용량 : 250 mAh/g)			표면개질 연구, 입자형상, microstructure 제어 연구 (초기용량 : 260 mAh/g)			
전이금속계 음극소재 기술개발	전이금속 소재 종류, 입도 형상별 재료			고용량 전이금속 음극소재의 전지적용기술						
	소재별 리튬저장 메카니즘 및 전지적용 연구			고용량 전이금속 음극소재의 출력향상기술						
Doping형 Carbon계/ Accumulator 핵심 원천기술 개발	저결정화도의 air-stable 전극소재기술			양극/ 전해액/ 음극 설계 최적화 기술			Doping형C/Accumulator 신뢰성향상기술			
	전기전도도 향상 및 내부저항 감소기술			작동온도범위 향상기술			에너지밀도 향상기술			
환경친화형 Zn/Air 2차전지 핵심원천 기술개발	양극음극재료 및 전극제조 기술개발 (수명≥200회)			양·음극재료, 전극제조 최적화 기술개발 (수명≥300회)			양·음극재료 및 전극제조 기술 신뢰성 향상 (수명≥500회)			
	전해액 및 첨가제조성개발			전지설계기술 및 전지제조기술개발						

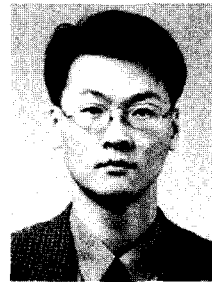
참고문헌

1. 과학기술부 “차세대 성장동력 추진계획” 공청회 자료, 2003.
2. 2차전지산업 발전전략 보고서, 산업자원부, 2002.
3. 일본의 2차전지 관련 부품소재 산업동향, 전자부품연구원, 2003.
4. 산업자원부 전지 roadmap, 2001.
5. D. R. Sadoway and A. M. Mayes, “Portable power: Advanced rechargeable lithium batteries”, MRS Bulletin, Aug 590-596, 2002.
6. J. M. Tarascon and M. Armand, “Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries”, Nature, **414** 359-367 2001.
7. 김경연, “리튬이온 2차전지 시장 경쟁 구도 재편”, LG주간경제, 2003.
8. 김경연, “소형2차전지의 기술진화 방향”, LG주간경제, 2002.
9. 김봉철, “Li 이온 이차전지의 최신 연구동향”, Information center for materials, **7** [11] 3-5 2002.
10. 산업자원부, 분야별 정책소개, www.mocie.go.kr 2003.
11. LG 경제연구소, “2차전지 표준화 동향”, 11월 25일자 배포자료, 2003.
12. 조원일, 윤영수, “마이크로 배터리의 개발현황 및 전망”, 물리학과 첨단기술, **8** [4] 1999.
13. 조병원, 윤경석, “리튬폴리머 전지 개발현황 및 전망”, 물리학과 첨단기술, **8** [4] 1999.



김 주 선

- 1990년 연세대학교 요업공학과 졸업
- 1992년 KAIST 재료공학과 석사
- 1998년 KAIST 재료공학과 박사
- 1998년 U. Pennsylvania,
- 1999년 연수연구원
- 1998년 KAIST 계면공학연구센터,
- 2000년 연수연구원
- 2000년 KIST 나노재료연구센터
- 현재 선임연구원



이 종 호

- 1988년 서울대학교 무기재료공학과 졸업
- 1990년 서울대학교 무기재료공학과 석사
- 1994년 서울대학교 무기재료공학과 박사
- 1994년 서울대학교 RETCAM,
- 1995년 Post Doc.
- 1996년 독일 TU-Darmstadt,
- 1998년 전기화학연구소 연구원
- 1998년 KIST 나노재료연구센터
- 현재 선임연구원



이 해 원

- 1980년 서울대학교 요업공학과 졸업
- 1982년 서울대학교 요업공학과 석사
- 1990년 U. Florida 재료공학과 박사
- 1990년 美 Keramont Advanced
- 1992년 Materials Corp., R&D Manager
- 1992년 KIST 나노재료연구센터
- 현재 선임, 책임연구원



윤 영 수

- 1988년 연세대학교 요업공학과 졸업
- 1990년 KAIST 원자력공학과 석사
- 1994년 KAIST 원자력공학과 박사
- 1995년 University of Minnesota,
- 1997년 Academic Staff
- 1997년 KIST 박막기술연구센터
- 2002년 선임연구원
- 2003년 KIST 나노재료연구센터
- 책임연구원
- 2004년 건국대학교 신기술융합과
- 현재 조교수