

# 최근의 2차전지 기술과 미·일의 시장 동향

## Rechargeable Battery Technology and World Market Trends

이윤철(Y.C. Lee)

정보조사분석팀 책임기술원

반도체, LCD와 더불어 첨단 정보통신기기의 소형화, 경량화, 휴대형화 진전에 기여한 핵심기술로서 전지기술을 빼놓을 수 없다. 전지기술의 역사는 오래전에 이루어졌으나 아직도 많은 부분에서 개발이 진행되고 있는 분야이다. 특히 국내의 경우 반도체나 LCD에 비해 상대적으로 연구개발이나 투자가 미흡한 상태로서 고부가가치 장치산업이라는 점과 대량생산이 가능하다는 점에서 향후 전략적으로 중점 육성해야 할 분야라 할 수 있다. 본 고에서는 개인 휴대형 통신기기로부터 자동차 연료전지에 이르기까지 전기·전자 및 정보통신 분야에서 중요한 비중을 차지하고 있는 고성능 2차전지에 대하여 기본적인 기술개요와 특성, 2차전지의 종류와 최근의 개발동향을 살펴보고 세계시장을 주도하고 있는 미국과 일본의 개발 및 시장현황에 대하여 조사 정리하였다.

### I. 서론

1990년대 들어와 가속화되기 시작한 정보통신 산업의 발달은 휴대전화(cellular phone), 노트북 PC (computer), 휴대형 녹화기(camcorder) 등 이른바 3C로 불리는 휴대형 전자기기의 대량 생산으로 이어지면서 또한 이들 기기의 소형화, 박형화, 경량화 추세도 끊임없이 진전되고 있다. 이는 무엇보다도 반도체, LCD(Liquid Crystal Display) 그리고 2차전지(rechargeable battery)와 같은 핵심 장치기술의 발전에 의해 가능하게 된 것이다.

각종 휴대형 정보통신기기의 필수 동력원으로 자리잡고 있는 소형 2차전지에 대한 수요는 휴대전화, 노트북 PC 등 전자 및 정보통신기기의 지속적인 시장 확대에 힘입어 급속한 속도로 증가하고 있다. 특히 전지가 장착되는 각종 기기 본체의 소형, 경량화에 절대적인 영향을 미칠 뿐 아니라 기기의 장시간 연속사용 가능 여부에 따라 휴대형 정보통신기기의 생산, 판매에 중요한 경쟁요소로 등장하고 있다.

리튬이온, 니켈수소(Ni-MH), 니켈카드뮴(Ni-Cd) 등으로 대표되는 2차전지 시장은 이들 대부분이 컴퓨터, 휴대폰, 이동단말기 등 첨단 정보통신기기의 전원으로 사용되고 있기 때문이다. 2차전지의 원천 기술은 미국이 보유하고 있으나 생산기술이나 장비는 거의 일본이 독점하고 있는 형편으로서 최근까지도 일본이 세계 시장의 거의 90% 이상을 차지하고 있다. 이는 2차전지의 중요성을 간파한 일본이 반도체와 버금가는 투자를 이들 분야에 집중함으로써 나타난 결과라 할 수 있다. 최근들어 세계 2차전지 시장에 이같은 일본의 독주 속에서 한국, 중국, 대만 등이 전지개발 수준을 높이고, 신제품 생산내지 본격적인 양산체제에 들어감으로써 치열한 시장확보 다툼과 더불어 첨단 기술개발 경쟁도 심화될 것으로 보인다.

본 고에서는 반도체, LCD와 더불어 정보통신 산업에 있어서 중요한 비중을 차지하고 있는 전지기술에 대한 특성과 최신 기술개발 추이, 그리고 최근 급속히 확대되고 있는 전지시장에 대한 미국, 일본 등

선진국의 전지산업 및 제조현황을 살펴봄으로써 이미 세계수준에 도달한 반도체 및 LCD 분야와 더불어 장치산업의 새로운 개척부문으로 등장하고 있는 2차전지 산업의 활성화에 기여하고자 한다.

## II. 2차전지 개요

### 1. 전지의 발전

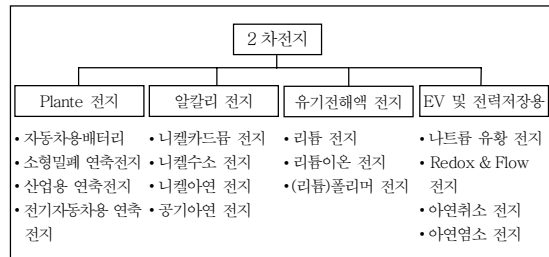
전지에는 물리전지와 화학전지가 있으며 일반적으로 전지라 하면 화학전지를 통칭한다. 화학전지는 크게 1차전지와 2차전지 그리고 연료전지로 구분할 수 있다. 1차전지(primary battery)는 화학적으로 저장된 전기를 사용만 하는 것이며, 2차전지는 그 에너지 변환이 한번 사용 후 다시 충전하면 계속 사용이 가능한 재충전식(rechargeable) 전지를 의미한다. 니켈카드뮴, 니켈수소, 리튬이온 전지와 같은 고성능 2차전지의 경우 5백회 이상 충, 방전이 가능하다.

처음에는 소비전력이 작은 휴대용 전자기기에 망간전지나 알칼라인 전지 등과 같은 1차전지가 사용되었으나 코드리스 기기의 편리성과 소비전력이 큰 기기의 포터블화가 가능해짐에 따라 이에 상응하는 전지의 개발이 필요하게 되었다. 또한 전자회로 등의 개발로 기기의 소비전력은 낮아졌지만 휴대형 기기에 장착되는 전지에 대해서는 높은 에너지 밀도화가 요구되면서 2차전지의 개발은 급속하게 진전되었다[10, 11].

이같은 2차전지에 대한 기능 개량으로 1980년대에는 주로 니켈카드뮴 소형 2차전지가 중심이 되어 체적 에너지 밀도가 200Wh/l까지 개선되었으나 기술적 한계에 이르게 되었다. 특히 지구환경 보전의 관점에서 납이나 카드뮴과 같은 중금속에 의한 환경오염 문제의 대두와 야간전력을 저장하고 주간전력을 사용함으로써 전력의 부하를 평균화하는 등의 에너지 효율을 높이는 유력한 방법으로 고성능의 새로운 2차전지 개발이 적극 검토되기 시작하였다.

이에 따라 1980년대 후반에 니켈수소 2차전지의 등장 이후 1990년대 이르러 리튬계 2차전지가 등

장하였다. 1990년대 전반에는 리튬이온 2차전지(Lithium-ion Battery: LIB)라는 신규 2차전지가 시장에 도입되기 시작하였으며, 최근에는 차세대 전지로 주목받고 있는 리튬폴리머 2차전지(Lithium Polymer Battery: LPB)가 상품화되기 시작함으로써 새로운 2차전지 시대를 맞게 되었다(그림 1) 참조.



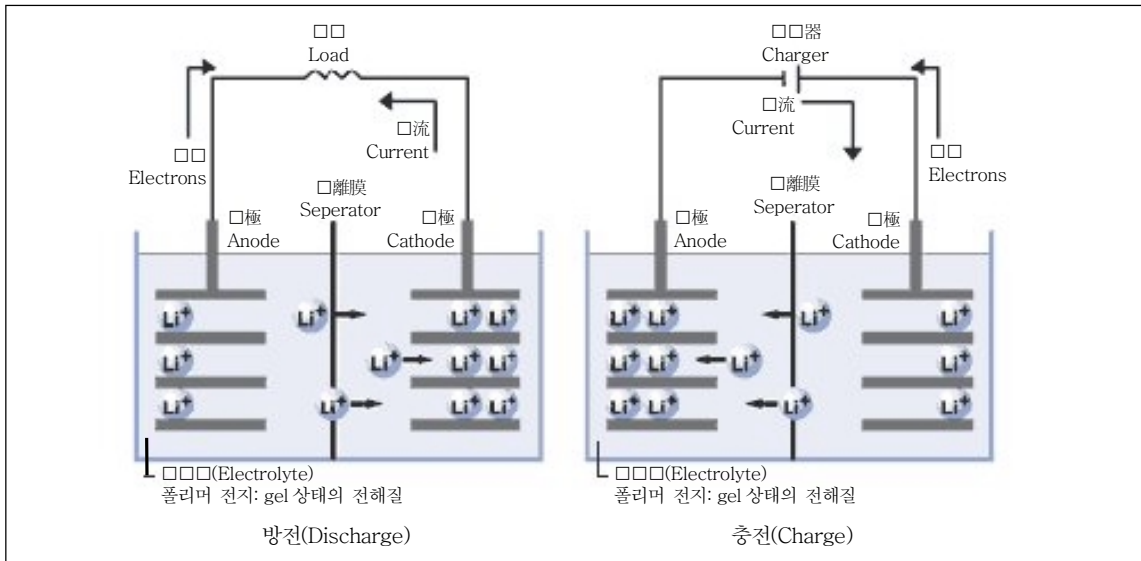
(그림 1) 2차전지의 종류

최근에 들어서는 그 용도도 노트북 PC나 휴대전화 등에 적용하기 위해 에너지 밀도, 부하특성, 저온 특성 등 성능향상 요구가 점차 높아지고 있으며, 또한 전기자동차용 전원이나 전력저장장치용 전지 등 대형 전지로의 가능성도 검토되고 있다. 중요한 2차전지의 종류와 특성은 <표 1>과 같다[6-8].

<표 1> 주요 2차전지 종류와 특징

| 종류          | 구 성                           |   |        | 공칭 전압 [V] | 에너지 밀도 [Wh/l] |
|-------------|-------------------------------|---|--------|-----------|---------------|
|             | 양극 활물질                        | 전해질                                       | 음극 활물질 |           |               |
| 밀폐연축 전지     | PbO <sub>2</sub>              | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>            | Pb     | 2         | 75            |
| 니카드 전지      | NiOOH                         | KOH                                       | Cd     | 1.2       | 100~200       |
| 니켈수소 전지     | NiOOH                         | KOH                                       | MH(H)  | 1.2       | 240           |
| 리튬이온 전지     | LiCoO <sub>2</sub>            | LiPF <sub>6</sub> /EC+DEC                 | C(Li)  | 3.6       | 280           |
| 리튬폴리머 전지    | LiCoO <sub>2</sub>            | PVdF                                      | C(Li)  | 3.7       | 280           |
| 불화석연 리튬 전지  | (CF) <sub>n</sub>             | LiBF <sub>4</sub> /BL                     | Li     | 3         | 400           |
| 이산화망간 리튬 전지 | MnO <sub>2</sub>              | LiCF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> /PC+DME | Li     | 3         | 400           |
| 바나듐 리튬 전지   | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | LiBF <sub>4</sub> /PC+DME                 | Li-Al  | 3         | 140           |

<자료>: □規□□□□□料の□□技□, □□, '97. 3.



(그림 2) 리튬이온 전지의 충방전 원리

## 2. 전지의 구성과 특성

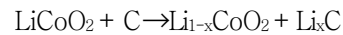
### 가. 전지의 원리와 구성

원래 “전지”라는 용어는 다수의 개별적인 전기 화학적 셀을 말한다. 전기 화학적 셀은 두 개의 반응물이 활발하게 화학작용을 수행함으로써 일정한 반응(이온 교환)을 생성하기 위한 장치다. 화학전지는 화합물(산화제)의 산화력과 또한 이와는 다른 화합물(환원제)이 가지는 환원력을 조합하여 그 두 개를 반응시켜 전기에너지 형태의 방출에너지를 얻는 구조로 되어 있다. 재충전이 가능한 2차전지는 전류의 흐름에 의해 물질이 산화/환원되고 물질의 산화/환원에 의해서 전기가 생성되는 과정이 반복적으로 이루어질 수 있게 재료를 조합시킨 것이다.

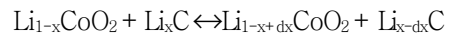
(그림 2)는  $\text{LiCoO}_2$ (코발트산 리튬)를 양극, 탄소(C)를 음극으로 하는 리튬이온 2차전지의 충방전 반응으로서 충전시는 리튬이온이 분리막을 통해 양극에서 음극으로 이동하며, 방전시는 음극에서 양극으로 이동하면서 방전전류가 흐른다.

제조공정시의 첫번째 충전과정에서는 양극의 리튬 함유 화합물에서 리튬이온이 음극의 탄소재료로 이동하며, 그 후의 방전반응은 음극과 양극 사이를 리튬이온이 이동함으로써 행해진다.

초기충전(initial charge)



방전(discharge)

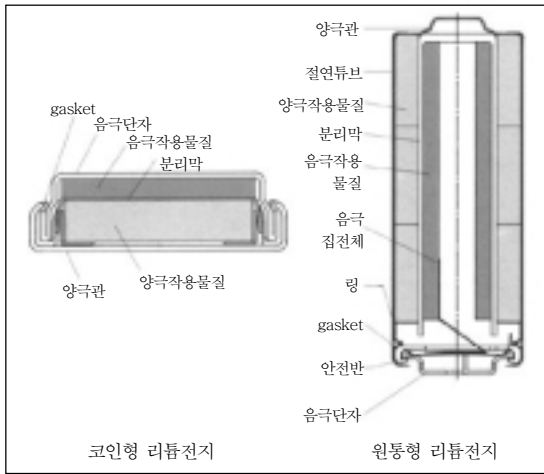


충전(charge)

모든 전지는 산화제인 양극 활물질(cathode or positive electrode)과 환원제인 음극 활물질(anode or negative electrode)을 갖고 있다. 이들 사이에는 이온전도에 의해 산화반응과 환원반응을 가능하게 하는 전해질(electrolyte)이 담겨있고, 또한 양극과 음극이 직접 접촉하는 것을 막는 분리막(separator)이 있다. 이밖에 이들을 담을 용기(전지관), 전지를 안전하게 작동시키기 위한 안전판이나 안전장치 등으로 구성되어 있다(그림 3) 참조.

음극은 대부분 금속이며, 플러스 전하를 가지고 있는 양극은 보통 금속 산화물이다. 전해질은 이온의 이동을 촉진하기 위해 대개 양극과 유사하다. 전해질로는 산(연축전지에서), 나트륨 수산화물(알카라인 건성 셀에서) 또는 고체 폴리머 등이 있다. 분리막은 정제솜(탈지면) 같은 비교적 단순한 물리적 장벽이거나 정교한 투과성막을 사용한다[8, 9].

- 양극재료



(그림 3) 리튬이온 전지의 구조

리튬이온 2차전지의 경우, 양극에 가장 많이 사용되는 소재로는 방전 에너지가 큰 코발트산 리튬(LiCoO<sub>2</sub>)이 있으나 고가이고 가격변동이 심하며, 과충전 방지용 보호회로가 필요한 등의 과제가 있다. 이를 대체할 재료로서 LiNiO<sub>2</sub>나 LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>가 개발되고 있으며, 바나듐(Vanadium)도 검토되고 있다. 리튬폴리머 전지의 경우도 양극에 LiCoO<sub>2</sub>가 가장 많이 채용되고 있으나 저렴화 및 고용량화를 실현하기 위해 LiNiO<sub>2</sub>, LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>가 검토되고 있다.

• 음극재료

리튬이온 전지의 경우, 음극에는 탄소재료가 사용되고 있으며, 리튬금속을 새롭게 2차전지용으로 사용하고자 하는 연구도 진행되고 있다. 그 밖에 리튬을 포함한 합금음극, LiAl 합금, Woods 합금, 미립자 다성분 합금, 합금과 도전성 고분자의 복합전극, 화합물 음극, 도전성 고분자 화합물, 산화물, 질화물 등이 검토되고 있다. 리튬폴리머 전지의 음극에는 카본 그라파이트(carbon graphite)계의 재료가 많이 채용되고 있다.

• 전해액, 전해질

리튬이온 전지에 이용되는 전해액은 유기용매를 주체로 하는 비수전해액이다. 용매에는 리튬염을 용해한 이온 도전성을 부여하고, 리튬과의 화학반응을 막기 위해 비 프론(pron)성 극성을 가진 것이 사용

된다. 리튬이온원이 되는 전해질은 LiPF<sub>6</sub>가 주로 채용되고 있으며, 리튬폴리머 전지의 전해액에는 PEO, PAN, AN, PVDF가 사용된다.

• 분리막

전지의 기전물질은 산화제와 환원제가 있는데, 이들이 직접 접촉하면 자가방전을 일으켜 급격한 반응이 진행되므로 위험하다. 분리막은 양극과 음극 사이에 있으면서 양자의 접촉을 막는다. 물론 분리막도 이온 전도성을 나타내지만 다공성 재료를 사용해서 그 구멍 중에 전해액이 침투하여 이온 전도성을 발현시킨다. 2차전지의 분리막 재료로는 현재 연속전지에는 글래스매트 등이, 알칼리 2차전지나 리튬 전지에는 폴리머 부식포나 다공성막이 이용되고 있다.

전지 설계는 저렴하고 안전하며 편리한 구성에 의해 다양한 양극, 음극, 전해질, 분리막이 결합됨으로써 시작된다. 전지에는 아직까지 특성이 밝혀지지 않은 작용들을 포함하여 수천 가지 교환작용(permutation)이 있다. 이러한 기본 변수들이 일단 결정되면, 킴포넌트 배열과 컨테이너 구성에 집중된다. 오늘날의 전지 중 다수는 안정성 향상과 비용 절감이라는 궁극적인 목표 하에 화학물 배열과 내용물의 밀폐기술에 집중적인 투자를 한 결과이다.

나. 전지의 특성

고성능 전지의 주요 요건들로는 고전압, 대용량, 고출력, 오랜 사이클 수명, 적은 자가방전률, 광범위한 사용온도, 안전성과 신뢰성, 사용의 용이성 그리고 저렴한 가격 등을 들 수 있다. 이와 같은 조건을 모두 만족시키는 이상적인 전지를 만든다는 것은 어려운 일이나 고성능의 전지를 위해서는 전지의 구성 요소마다 뛰어난 특성을 필요로 한다.

<표 2>는 전지의 주요 특성들을 요약한 것이다.

III. 최근의 2차전지 기술개발 동향

1. 상용 2차전지의 특성

어느 정도 시장이 형성되어 상용화되어 있는가에

<표 2> 전지의 주요 특성

| 전지특성    | 내 용   |
|---------|---|
| 전압      | 전압은 전위간 차이를 나타내며, 사용 가능한 에너지의 크기를 말한다. 2차전지에서 보다 고전압을 생성할 수 있으며, 전지전압은 전지충전기 설계의 기초가 된다.  |
| 저장수명    | 예외는 있으나 1,2차전지 모두 제조 후 즉시 방전되기 시작한다. 최대 충전 후 성능이 저하되기까지 얼마나 오랫동안 저장될 수 있는가를 측정하는데 85%의 성능 저하가 주로 사용되는 수치이다.                                     |
| 충전      | 전지 내의 기전물질(활물질)을 전기분해하여 방전반응의 역반응을 진행시켜 원래의 기전물질로 돌아가게 하는 것으로서 화학적 가역반응이 필요하다. 충전시간은 전력과 반비례하며(방전 대 시간), 전지를 최대 용량으로 되돌리는 데 드는 시간이다.            |
| 에너지 밀도  | 전지의 에너지 밀도는 체적측정(체적당 전력: Wh/l)이나 중량측정(중량당 전력: Wh/kg)으로 표현된다. 에너지 밀도가 높을수록 소형의 전지라도 장시간 사용이 가능하다. 따라서 휴대용 기기의 소비전력 증대는 중량 에너지 밀도가 높은 전지를 필요로 한다. |
| 출력      | 전지의 출력 이론치는 전지의 기전력×전지의 전류로 나타나지만 실제로는 작동시의 전지전압×전지에서 나오는 전류이다. 출력밀도로서 이 이론치를 단위중량 또는 단위체적당으로 표시하는 일도 많으나 동일한 크기의 전지를 사용하여 출력치로 나타내는 것도 있다.     |
| 사이클 라이프 | 2차전지의 성능이 열화되기 전까지 완전히 방전될 수 있는 측정시간이다. 2차전지는 충방전을 되풀이 하면 전지의 용량이 줄어드는데, 일반적으로 사이클 라이프는 초기용량에 대해 일정한 비율로 줄어들었을 때까지의 충방전 횟수로 정의한다.               |
| 메모리 효과  | Ni계 전지의 경우, 전지가 완전히 방전하지 않은 상태에서 재충전이 여러 번 연속될 경우 그 저장 용량이 바로 그 충전 전상태까지로 축소되는 현상을 말한다. 리튬이온 전지는 메모리 효과 현상이 없기 때문에 거의 수명에 영향을 미치지 않는 특성을 갖고 있다. |
| 동작 온도   | 전지는 온도가 올라갈수록 용량은 증대하지만 사이클 수명은 급격히 떨어진다. 일반적으로 전지의 성능은 25℃ 이상에서 점차 감소하는데, 55℃ 이상이면 급격히 성능이 떨어지게 되고 0℃에서 25℃까지는 아주 조금씩 성능을 나타낸다.                |
| 자가방전    | 충전된 모든 2차전지는 공기 중에서 자체적으로 조금씩 방전한다. 이는 공기 중 습도 등으로 인해 화학반응이 일어나 용량이 줄어드는데 이러한 현상을 자가방전이라 한다.  |

따라 구분할 수 있으며, 일반적으로 다음과 같은 종류의 전지가 대표적인 상용 2차전지들이다.

- 니카드 전지
- 니켈-금속 수소화물 전지
- 연축전지
- 2차 망간-아연 알카라인 전지
- 2차 리튬 전지(리튬-이온 포함)

이외에, 특수 목적으로 만들어지기는 했으나 상용 어플리케이션에는 제한되어 있는 전지로는 공기아연(zinc-air), 니켈아연(nickel-zinc), 은아연(silver-zinc), 은카드뮴(silver-cadmium), 니켈수소(nickel-hydrogen), 알루미늄공기(aluminum-air) 전지 등이 있다.

주요 상용 2차전지들의 특성과 응용분야를 <표 3>에 나타내었다.

## 2. 전세계 주요 전지업체의 개발 동향

전지재료의 구성에 따라 무수히 많은 전지들이

있는 가운데, 연축전지나 니카드 전지와 같이 이미 범용적으로 상용화된 전지를 비롯하여 은아연 전지, 은카드뮴 전지, 니켈수소 전지 등 특수용도로 사용되는 전지가 있다. 또한 리튬이온 전지 등 최근에 개발되어 상용화되기 시작한 전지들과 나트륨황 전지, 고온 리튬 전지, Redox/flow 전지 등과 같이 현재 개발이 진행중인 전지, 그리고 칼슘금속 황화물 전지 등과 같은 시험성격의 전지 등으로 나눌 수 있다. <표 4>는 상용화되어 전지시장에서 성장세를 보이고 있는 전지들에 대해 주요 제조업체들의 최근 개발 동향을 요약한 것이다[1, 2].

## IV. 미국, 일본의 전지산업 및 시장 동향

### 1. 미국의 전지기술 및 시장 동향

가. 미국의 전지기술 및 산업 현황

2차전지의 원천 기술은 대부분 미국이 소유하고

<표 3> 상용 2차전지의 주요 특성

| 종류           | 장점   | 제한점   | 응용분야  |
|--------------|--|---|---|
| 연축전지         | <ul style="list-style-type: none"> <li>설계의 다양성과 발달된 기술</li> <li>낮은 가격과 긴 저장수명</li> <li>적당한 에너지 밀도와 밀폐성</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>납과 황산의 안전도 및 환경문제 및 무거운 중량</li> <li>가스발생, 낮은 에너지 밀도</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>기관차 시동 및 전등, 견인용</li> <li>휴대장비전원, 예비전원, 전등 및 전기자동차</li> </ul>            |
| 리튬 전지        | <ul style="list-style-type: none"> <li>긴 저장수명과 직접적인 방전</li> <li>상대적으로 높은 에너지 밀도</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>비교적 고가</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>군용장비 및 전자장비</li> <li>잠재적인 전기자동차</li> </ul>                               |
| 망간아연 알칼라인 전지 | <ul style="list-style-type: none"> <li>적당한 저장수명, 직접적인 방전, 낮은 가격</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>현재는 활용제한요소 많음</li> <li>상용화 버전 확장성 없음</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>라디오, 시계, 플래시, 장난감, 테이프레코더, 전자장비</li> </ul>                               |
| 니카드 전지       | <ul style="list-style-type: none"> <li>적당한 저장수명, 에너지 밀도</li> <li>높은 사이클 라이프</li> <li>1차전지와 교환 가능한 경제성</li> <li>정전압에서 높은 전류</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>느린 방전시간과 낮은 전력 break-in 기간, 낮은 에너지비율</li> <li>카드뮴으로 인한 환경문제</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>라디오, 시계, 플래시, 장난감, 테이프레코더, 기차, 항공기 구동, 미래 전기자동차</li> </ul>               |
| 니켈금속 수소화물 전지 | <ul style="list-style-type: none"> <li>상대적으로 높은 라이프 사이클</li> <li>정전압에서 높은 전류</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 방전시간</li> <li>낮은 전력 발생 기간</li> </ul>                                |   |
| 니켈아연 전지      | <ul style="list-style-type: none"> <li>매우 높은 에너지 밀도</li> <li>뛰어난 저장수명</li> <li>뛰어난 온도 안정성</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 사이클 라이프</li> <li>어플리케이션에 따라 과다한 열 발생</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>고밀도 전등, 카메라, 고전력 휴대용 장비, 군사용 센서, 항공 및 우주 전원공급</li> </ul>                 |
| 은아연 전지       | <ul style="list-style-type: none"> <li>높고 안정적인 방전 전압</li> <li>높은 watt-hour 용량</li> <li>내환경성, 고/저비율 방전가능</li> <li>뛰어난 체적/중량 에너지 밀도</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>고가 및 과방전에 민감</li> <li>여러 버전에서 비교적 낮은 사이클 라이프</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>고밀도 전등, 비디오테이프 카메라, 고전력 휴대용 장비, 군사용 센서, 항공 및 우주 전원공급, 해저 전원공급</li> </ul> |

<표 4> 전지제조 및 개발 현황(뒤에 계속)

| 종류           | 회사명                                  | 주요 전지개발 및 최근 현황   |
|--------------|--------------------------------------|---|
| 연축전지         | Bolder Technologies                  | 급성장의 벤처 합작회사로서 최근 EV, 휴대기기시장을 목표로 박막 금속필름 전지개발  |
|              | Electrosource                        | 연선 그리드판 전지 개발, 최근에 스마트 전지를 상용화하여 EV, 휴대기기시장을 목표   |
|              | Jet Propulsion Lab.                  | 연방국립연구소로서 도전성 fiber 혼합물 바이폴라 연축 전지 개발   |
| 니카드          | Energizer and National Semiconductor | 두 회사는 최근 벤처합작으로 스마트 니카드 전지와 니켈금속 수소화물 전지를 개발하기로 함   |
|              | Cadmium Council                      | 카드뮴 사용증진과 함께 니카드 EV 전지를 개발중   |
| 니켈금속 수소화물 전지 | Ovonic Battery Co.                   | '90년에 최초로 니켈금속 수소화물 전지를 상용화하여 많은 전지제조사들에게 라이선스를 이전  |
|              | Toyota Motor and Matsushita Electric | 두 회사가 합작으로 니켈금속 수소화물 EV 전지를 개발중   |
|              | Sony Electronics                     | 리튬이온 전지 선도업체로서 최초로 양산화에 성공. 동사의 리튬이온 전지는 표준 니카드 전지와 비교할 때 동일한 방전용량이면서 무게는 30%, 체적은 40% 정도 작음    |
| 리튬이온 전지      | Valence Technology, Inc.             | 초기 리튬이온 제조사로서 현재는 Alliant Techsystems사와 협력하여 군용시장을 목표로 한 2차전지를 개발                               |
|              | Moli Energy and NEC                  | NEC, Mitsui의 투자로 리튬이온 전지를 상용화함. 리튬폴리머 전지의 선두회사로서 2000년 초 NEC Moli Energy(Canada)를 세워 원통형 전지를 생산 |
|              | Electrofuel, Inc.                    | 최근 종래보다 2배의 내구력을 지닌 리튬이온 수퍼 폴리머 전지를 개발  |
|              | NASA                                 | NASA의 제트분사연구소에서 Mg2Si 음극물질의 장수명 내온 리튬전지를 개발중  |
| 알루미늄공기 전지    | Lawrence Livermore Natl. Lab.        | 알루미늄공기 EV 전지개발 및 평가 연구소   |
|              | Battelle Pacific Northwest Lab.      | 알루미늄공기 EV 전지의 평가를 수행하는 정부연구소  |
|              | Eltech, Inc.                         | 알루미늄공기 전지의 개발, 평가 수행회사  |
|              | SRI Int.                             | 알루미늄공기 전지기술 조사, 연구  |
|              | London City Univ.                    | 고에너지 밀도 알루미늄공기 전지개발을 추진하는 영국의 대학  |

<표 4> 전지제조 및 개발 현황(계속)

| 종류            | 회사명                    | 주요 전지개발 및 최근 현황  |
|---------------|------------------------|--|
| 아연-금속공기 전지    | AER                    | 최초로 대형 아연공기 2차전지 상용화에 성공   |
|               | Zinc Air Power Corp.   | 아연공기 EV 전지의 상용화 추진   |
|               | Electric Fuel Corp.    | 독일의 Deutsche Post에 아연공기 전지로 구동되는 EV의 시험주행을 수행. 휴대형 기기에 소형 전지를 상용화함 |
|               | BAT Intl.              | 새로운 아연공기 EV 전지를 상용화  |
|               | Evercel                | 금속공기 2차전지용 2중 기능의 산소전극을 개발중  |
| 도전성 폴리머 리튬 전지 | Bellcore               | 금속 음극 도전성 폴리머 전지와 고체 폴리머 전해질을 개발                                   |
|               | C&D Battery            | Polyphenylene 플라스틱 전지를 시험  |
|               | AlliedSignal           | 1984년에 Hitachi, Showa Denko사와 합작으로 도전성 폴리머 전지를 개발                  |
|               | Univ. of Pennsylvania  | 최초로 도전성 폴리머 리튬 전지의 프로토타입을 개발                                       |
|               | EIC Laboratories, Inc. | 도전성 폴리머 리튬 전지용 고성능 탄소 베이스의 리튬음극 개발                                 |
|               | Univ. of Rome          | 유럽대학 가운데 최초로 도전성 폴리머 전지를 연구  |
|               | Univ. of Kentucky      | 도전성 폴리머 전지에 사용되는 phthalocyanine 필름을 개발                             |

있으나 상용화에 먼저 성공한 일본기업이 일찍부터 전지산업과 시장을 선점하여 왔다.

<표 5>에 시장 주도업체와 기술 주도업체들의 전지 산업현황을 나타내었다. 첨단 전도성 폴리머 리튬 및 고온 리튬전지의 출하량은 그다지 많지 않으며, 또한 sodium-sulfur, nickel-iron, redox/flow 전지 출하량은 상당히 적다.

나. 미국의 주요 상용전지 시장 현황

미국의 전지시장은 휴대용 기기에 사용되는 각종 전지제품을 비롯하여 기차, 선박, 항공기의 동력구동용 전지제품 그리고 UTP(uninterruptible power supplies), 비상용 전원, 원격전원 등 고정설비용 전지제품 등의 시장이 형성되어 있다. 향후 새로운 전지시장으로 대두되고 있는 분야가 EV(electric vehicles), 전력저장장치, 군사 및 우주용 어플리케이션 등을 들 수 있다. 여기에서는 주로 휴대용 제품 중 컴퓨터용의 전지시장을 살펴보기로 한다.

지난 10년간 니켈-금속 수소화물, 리튬 2차전지, 공기아연 전지 등 전적으로 새로운 종류의 전지가 광범위하게 상용화 되었으며, 또한 마이크로프로세서 전지 충전기 제어기술의 향상은 새로운 전지의 상용화를 가능하게 했을 뿐 아니라 기존 전지(특히 니카드 전지와 연축전지)시장을 향상시켜 왔다.

계산기와 휴대용 주변장치(모뎀, 프린터 등), PDA, 오거나이저, 번역기, 전자주소책 등 기타 컴퓨팅 장치는 일반적으로 소형이거나 기존의 전지를 사용한다. 다른 컴퓨터 제조업체와 달리 Toshiba는 컴퓨터 업체인 동시에 니켈-금속 수소화물 전지 부문의 선두 제조업체이다. 미국 내에서 리튬이온 전지시장을 석권하고 있는 제조업체로는 Sony, AT Battery, Matsushita, Sanyo 등이 있으며, GP Batteries, Maxell, Matsushita Electric Industrial, Ovonic Battery, Sanyo, Toshiba, Yuasa Corp.은 니켈을 기반으로 하는 휴대용 컴퓨터 전지를 생산한다. AER은 유일하게 컴퓨터용 공기아연 전지시장을 주도하는 제조업체이다. 휴대용 컴퓨터에 장착되는 전지가격은 5달러 수준에서 높게는 100~350달러 수준의 고성능 전지 소비자용까지 있으며, 최첨단 보조전지 패키지 가격은 400달러에 이른다.

1982년 이전, 휴대용 컴퓨터는 휴대용 기기시장에서 소규모의 특수한 하위분류 부문이었다. 미국의 총 PC 시장 규모는(비휴대용과 핸드헬드 포함) 9,000만 대 이상으로서 1999년도에 약 1,200만 대의 휴대용 컴퓨터 주변장치가 출하되었으며, 이는 1995년도 시장 규모의 거의 두 배에 달한다. 수년 전의 연축전지 및 니카드 전지는 최신형 PC용 니켈-금속 수소화물 전지로 대부분 대체되었다. 현재는 리튬이온 전지가

<표 5> 미국의 전지별 기술개발 현황

| 전지종류                 | 기술시장 현황   |
|----------------------|---|
| 알루미늄공기 전지 및 알루미늄황 전지 | 상용으로 출하되는 전지는 소수로서 알루미늄공기 전지는 EnterTek/Yardney가, 알루미늄황 전지는 Redox Technology사가 시장의 90% 이상을 점유하고 있으며 기술 주도업체이기도 하다.   |
| 도전성 폴리머 리튬 전지        | 다수업체가 기술에 투자하고 있다. Thomas&Betts는 상용시장의 선두주자로 시장의 50% 이상을 점유하고 있으며 Moli Energy/E-One Energy(20% 이상 점유)와 Electrifuell도 상용 제품을 보유                                  |
| 연축전지                 | 미국 내의 제조업체는 60개 이상에 달하나 대략 12개의 업체가(Hawker, Douglas, Delphi 등) 전체 시장의 약 35%를 차지하고 있으며, Optima와 Bolder는 기술 선두업체에 해당  |
| 리튬이온 전지              | 10개 이상의 업체 중 상위 4개 업체(Sony, AT Battery, Matsushita, Sanyo)가 전체 시장의 70% 이상을 점유. 기술 선두업체로는 Moltech, Valence, Moli Energy/E-One Energy Technology, Sony, Yardney 등 |
| 니켈금속 전지              | 12개 이상의 전지 제조업체 가운데 상위 4개 업체(Sanyo Electric Co., Matsushita, Toshiba America, Yuasa)가 시장의 60% 이상을 점유. Ovonic Battery와 Matsushita가 기술 선두업체이다.                    |
| 니카드 전지               | 약 25개에 달하며, 이들 업체는 대형전지와 소형전지를 모두 제조한다. 상위 5개 업체(Energizer 등)가 시장의 70% 이상을 차지하며, 기술 선두업체는 Eagle-Picher와 Matsushita이다.   |
| 니켈수소 전지              | 선두주자는 시장의 50% 이상을 점유한 Yardney이며, SAFT 등이 나머지 50%를 차지. Yardney와 Eagle-Picher는 위성시장의 기술 선두주자이다.   |
| 니켈철 전지               | 현재 상용으로 출하되는 양은 소수이다. Eagle-Picher가 시장 및 기술을 주도하는 업체로서 상용시장의 90% 이상을 점유   |
| 니켈아연 전지              | 현재 상용으로 출하되는 전지는 소수이다. Yardney, Evercel, Eagle-Picher는 모두 기술 선두주자이다.  |
| Redox-flow 전지        | 시장의 90% 이상을 Electric Fuels Corp.가 주도. Energy Venture, 일본의 Chioda Corp., Johnson Controls과 함께 Electric Fuel은 기술 선두업체이기도 하다.                                      |
| 은카드뮴 전지              | Yardney Technical Products가 최소 50% 시장을 차지하며, Eagle-Picher와 Evercel이 그 뒤를 잇는다. Tungstone은 해외 소스를 미국에서 판매하는 선두주자이며, Yardney는 기술 선두주자이다.                           |

니켈 기반의 전지를 대체하고 있으며, 이러한 추세는 지속될 것으로 보인다.

<표 6>은 전지 종류별에 따른 미국의 판매시장 현황과 전망을 나타낸 것이다. 대부분의 전지시장은 10년 전에는 존재하지 않았던 두 종류의 전지(니켈-금속 수소화물과 리튬이온)가 차지하고 있다. 휴대용 컴퓨터 매출의 증가와 급속히 성장하는 부품시장에 근거할 때 향후 5년간 10%의 성장이 예측된다. 2005년 이후, PC 매출은 상당히 부진할 것으로 보이며 전지가격은 인하될 것이다. 2000년도에는 휴대용 컴퓨터 전지의 평균가격이 약 90달러였으며, 약 940만 개(8억 5,000만 달러)가 판매될 것으로 예측된다.

다. 미국의 전지산업 경쟁전략

미국의 전지업체는 전지와 관련된 제반 기술력의 완성도 향상에 힘쓰면서 신형 어플리케이션의 개발과 함께 상용화 과정에 중심을 기울이고 있다. 또한 연방정부나 주정부 차원의 전지와 관련된 법률제정과 촉진정책 등을 바탕으로 전지산업의 확대발전에

<표 6> 미국의 전지 종류별 판매시장 예측

(단위: 100만 달러)

| 시장           | 1999  | 2000  | 2005  | 2010  | AAGR% '00~'05 | AAGR% '05~'10 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|
| 연축전지         | 1,040 | 1,113 | 1,367 | 2,158 | 4             | 10            |
| 니카드 전지       | 253   | 264   | 221   | 233   | -3            | 1             |
| 특수 전지        | 38    | 38    | 71    | 115   | 13            | 10            |
| 니켈금속 수소화물 전지 | 495   | 519   | 730   | 1,765 | 7             | 19            |
| 리튬이온 전지      | 350   | 678   | 835   | 1,110 | 17            | 6             |
| 알루미늄공기 전지    | 5     | 5     | 32    | 85    | 45            | 22            |
| 아연공기/금속공기 전지 | 15    | 15    | 42    | 190   | 23            | 35            |
| 알루미늄황화 전지    | 0     | 0     | 10    | 90    | -             | 55            |
| 도전성폴리머 전지    | 0     | 30    | 115   | 520   | 31            | 35            |
| 개발용 전지       | 1     | 2     | 17    | 295   | 53            | 77            |
| 총계           | 2,197 | 2,364 | 3,440 | 6,561 | 8             | 14            |

<자료>: BCC, Inc., 2000.



노력하고 있다[1].

첫째, 기술의 완성도 향상을 위해서는 신규시장과 성능향상이라는 측면에서 전지설계의 목표를 장시간의 대용량 저장능력, 반복 충방전 가능, 저렴한 가격의 휴대용 충전기 개발에 두고 있다. 더불어 첨단 신세대 전지에 필요한 재료 요구조건의 철저한 입증과 함께 신뢰성 있는 재료 공급이 보장되어야 한다는 점이다. 또한 첨단 전지시장의 성장과 더불어 전지충전기에 대한 기술개발과 상용화를 들 수 있다. 기본적인 메커니즘에 변화가 없는 전지충전기술 분야에 있어서 사이클 타임이나 전지수명의 연장 등 향상된 전지성능을 지원하기 위해서는 마이크로프로세서 제어 전지충전기 등의 상용화가 업계의 추세가 되고 있다.

둘째는 유례없는 성장세를 보이고 있는 휴대용 전자제품의 동력원이 되고 있는 첨단 신형전지와 전지충전기는 이와 같은 새로운 종류의 어플리케이션이 개발됨으로써 거대한 신형 전지시장의 가능성을 보여주게 된다. 향후 전기자동차나 전력저장시스템 등과 같은 분야의 발전은 수십억 달러에 달하는 전지소요 산업의 가능성을 제시하고 있다.

다음으로는 전지의 상용화 과정을 들 수 있다. 전지산업의 변혁을 가져올 만큼 많은 전지들이 개발중인 가운데, 이러한 전지는 기존의 전지를 대체하는 동시에 새로이 개발된 전지를 채용하는 신규 제품의 상용화도 가능하게 할 것이다. 한번으로 개발에 그친 전지도 많고 결과도 다양하지만 소형 니켈 금속 수소화물 전지는 현재 상용화에 성공을 거두었으며, 대형 니켈 금속 수소화물 전지는 EV에 이용된다. 반면, Moli Energy의 리튬-몰리브덴 황화물 전지(Molicel)는 1990년에 매우 유망한 상용제품으로 기대되었으나 아직까지 그 가능성을 실현시키지 못하고 있다.

마지막으로 전지산업에 커다란 영향을 미치는 관련 법률의 제정과 정부지원을 들 수 있다. 즉, 전기자동차 전지산업 측면에서 볼 때, 국가 운송 인프라를 구축에 소요되는 거액의 정부장려금이나 운송과 관련된 각종 법률의 제정, 무역규제, 소비세의 책정 등은 전지산업 발전에 지대한 영향을 미치게 된다.

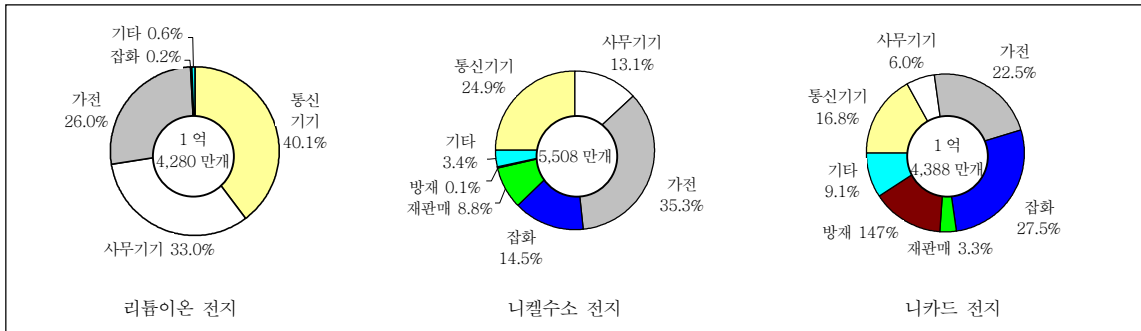
이처럼 미국 정부가 전기자동차의 사용촉진을 도모하려는 것은 오염의 완화, 화석연료의 보존, 전기설비의 효율성 증대, 자국의 에너지자원 활용, 기술경쟁력의 유지 등과 같은 이유 때문이다.

## 2. 일본의 전지산업 및 시장 동향

### 가. 일본의 소형 2차전지 시장 현황

소형 2차전지의 생산뿐 아니라 세계 수요에서도 상당부분을 차지하고 있는 일본은 세계적인 휴대전화기, 노트북 PC의 생산급증에 따라 2차전지 시장에서 대폭적인 신장을 지속하고 있으며, 일부는 품귀상태인 제품도 있어 생산능력을 확대하려는 경향이다. 소형 2차전지의 3대 품목 가운데 니켈수소 전지와 리튬 전지는 30~50%의 증가가 지속되고 있으나 이들에게 시장을 내준 니카드(니켈카드뮴) 전지는 생산량이 미증에 그쳤다. 금후에도 수요증가가 예상되는 휴대전화와 노트북 PC와 함께 2차전지를 사용하는 디지털 카메라, 비디오 카메라, 포터블 오디오, 포터블 DVD 플레이어 등 정보가전 제품들의 시장확대에 따라 2차전지에 대한 수요는 더욱 높아질 것으로 보인다(그림 4) 참조.

금년도 휴대전화의 세계수요는 '99년 대비 45~50%가 늘어난 4억~4억 5천만 대, 노트북 PC는 15~20% 증가한 2,200만 대~2,300만 대로 예상되며, 여기에 디지털 카메라가 약 40% 증가한 9백만 대, 비디오 카메라가 6% 증가한 950만 대로 예상되고 있다. 따라서 전지업계에서는 금년도 수요 개수로는 20~30%의 신장이 지속될 것으로 예상하고 있다. '99년도 일본의 전지생산액은 1차전지를 포함해서 약 8,300억 엔이었으며, 이 중 니켈수소 전지와 리튬이온 전지는 각각 '93년, '95년부터 수요확대가 계속되어 이 두 개의 전지만으로 '99년도 생산액이 4,760억 엔에 달함으로써 절반 이상을 차지하는 규모에 이르고 있다. '99년도 판매수량으로는 니켈수소 전지가 8억 5,364만 개, 리튬이온 전지가 4억 330만 개를 판매하여 전년대비 각각 33.3%, 47%의 커다란 성장을 보였다.



(그림 4) 일본의 전지용도별 생산량(1999년)

이와 같은 급격한 판매의 증가는 일본이 세계 수요를 거의 차지하고 있는 가운데 당분간 지속될 것으로 전망된다. 한편, 니카드 전지는 중국, 니켈수소 전지는 한국과 대만 등에서 생산이 시작되었으나 성능의 차이가 크고 당분간은 일본의 독점상태가 계속 될 것으로 보인다[4].

나. 일본의 2차전지 주요 제조업체 동향

차세대 소형 2차전지로 손꼽히고 있는 리튬이온계 전지의 주 생산업체들은 대개 일본기업들로서 소니, 산요, 마쓰시타, 도시바, 히타치 등이 세계 리튬이온 전지시장을 차지하고 있다[3, 12, 13].

• 마쓰시타 전지공업

- 세계 최대의 종합전지 제조회사로서 1차 및 2차 전지 등 모든 전지를 취급하며, 수요가 급증하고 있는 2차전지에서는 개발을 강화하고 있음
- 리튬이온 전지는 노트북 PC용 중심의 각종 전지 생산강화를 도모하고, 해외로부터의 니켈수소 전지 대체 요구가 증가하고 있어 현재 월산 900만 개에서 1,200만 개로 증대
- 박형화가 요구되는 휴대전화 등의 전원으로 최적인 리튬폴리머 전지를 가장 먼저 본격적으로 양산하여 '99년 말을 기점으로 본격적인 생산에 들어가 휴대전화용으로 출시하였으나 리튬이온 전지와의 경쟁에서 기대성과는 미약함. 이에 따라 리튬폴리머 전지의 박형 특성을 살려서 새로운 상품을 계획중

- 제품은 필름형태의 코발트산 리튬 양극과 탄소 음극을 사용한 얇고 가벼운 폴리머 전지로서 정/음극, 세퍼레이터의 일체화 구조(스택)를 채용하여 1스택의 두께가 0.5~0.7mm 정도이며, 겔상의 전해질을 사용하여 최초로 전지 외장에 소프트케이스를 구현함. 생산능력 30만 개

• 산요 전기

- 니카드 전지, 니켈수소 전지, 리튬이온 전지 등 소형 2차전지 전체 시장점유율 선두를 확보하고 있으며, 금년도 생산능력을 확대할 계획
- 리튬이온 전지는 월산 1,000만 개에서 1,500만 개로 증산할 계획. 알루미늄 포장의 박형이 특징이며, 각형의 PHS용 UF611948P(용량 420mAh), 휴대전화용 UF463048(용량 520mAh)이 신제품
- '99년 9월부터 박형 리튬폴리머 전지 출하 시작. 겔상 전해질을 채용한 제품으로 두께가 3.6mm 이고 리튬이온 2차전지와 같은 성능을 보유. 대표적인 제품으로는 폭 35×높이 62mm, 무게가 13.5g, 4.25V 충전의 570mAh 용량, 3.7V 전압이며 -20℃의 환경에서도 사용 가능

• 도시바 전기

- 고성능 고신뢰성의 초박형 리튬이온 전지인 ALB (Advanced Lithium-ion Battery)와 순간적인 대전류를 공급할 수 있는 파워튕용 니켈수소 전지 등 독자적인 개발전지로 신규시장과 신규용도 개척을 목표
- ALB는 PDC, GSM, CDMA 등 휴대전화용의 각종 리튬이온 2차전지로서 에너지 밀도, 저온특성,



- [9] “高口能□□□□料の□□技□動□,” 東レリサ□チセ  
ンタ□, 1997. 3.
- [10] “전지의 발전과 신기술의 트렌드,” 월간 전자기술,  
2000. 6., pp. 33 - 80.
- [11] “리튬이온 2차전지 기술 및 시장동향,” 주간기술동향  
2000. 4., pp. 32 - 36.
- [12] “일본의 2차전지 시장현황과 주요업체 동향,” 주간기술  
동향, 2000. 6., pp. 23 - 26.
- [13] “일본의 리튬폴리머 전지시장 및 주요업체 동향,” 주간  
기술동향, 2000. 8., pp. 32 - 36.
- [14] [http://www.sanyo.co.jp/cs/academy/kisotisiki/kisotisik.  
htm](http://www.sanyo.co.jp/cs/academy/kisotisiki/kisotisik.htm)
- [15] <http://www.baj.or.jp/>