

# 2005년의 꿈 연료전지



## 제 1 부 2005년의 꿈

## 제 2 부 기기설계의 상식을 뒤엎는 연료전지

## 제 3 부 일·미·일의 개발경쟁 격화

## 제 4 부 휴대기기용이 시장을 견인

### 제1부. 2005년의 꿈

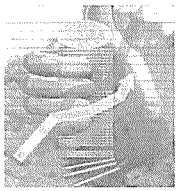
2005년에는 연료전지가 노트북, PC, 휴대전화기, PDA 등의 휴대기기에 탑재된다. 하지만, 여기에는 전지의 충전이나 교환이라고 하는 개념은 없다. 연료전지는 전지라고 하는 이름은 붙어있지만 그 실체는 소형발전기이기 때문이다. 연료전지는 콤팩트 스토어 등에서 판매하며, 이를 구입해 주입하면 된다. Li이온2차전지 및 Ni수소2차전지는 머지않아 주역의 자리에서 내려오게 될 것이다. 휴대전화에서 시작된 전지혁명의 파도는 자동차, 주택 그리고 사회시스템 전반을 변혁시키고 거리에 송전선이 사라지게 된다. 말하자면 분산형 전원의 시대를 향해 일렉트로닉스 업계가 커다란 일보를 내딛는 것이다.

소니가 연료전지를 휴대전화에 탑재하려고 한다고 하는 보도가 나온 2001년 여름, 전지업계는 물론 휴대전화 메이커, 노트북 PC 메이커의 기술자들은 새로운 시대가 열릴 것을 예감하였다.

주지하는 바와 같이 소니는 가정용 기기 메이커의 대표주자로, 전에는 헤드폰 스테레오, 워크맨에서부터 박형 노트북 PC인 VAIO, 민생용 로봇인 AIBO까지 발표해 세상을 놀라게 한 바 있다. 그러한 소니가 연료전지를 휴대기기에 탑재한다고 선언한 것에는 큰 의의가 있다. 새로운 기기분야를 개척하는 메이커의 목소리였기 때문이다.

실제로 소니는 과거에 전지의 역사에 혁명을 일으킨 실적이 있다. 1990년 동사에서는 Li이온2차전지를 업계 최초로 개발하고, 이 신형 전지를 카메라 일체형 VTR에 탑재하였다. 그리고 이 카메라일체형 VTR은 타사 제품에는 없는 장시간의 구동을 실현하였으므로 소비자의 마음을 사로잡기에 충분했다. 그후 다른 기기 메이커가 Ni-CD2차전지 및 Ni수소2차전지를 버리고 즉시 Li이온2차전지를 채용한 것은 말할 필요도 없다.

이제 Li이온2차전지는 휴대기기에 있어 없어서는 안될 존재로까지 부상하였다. 그러한 소니가



연료전지를 전락부품의 위치에 올려놓음으로써 뜨거운 시선이 모아지고 있는 것이다. 그렇다면, 동사에서는 왜 연료전지를 개발하려 했던 것일까?

휴대기기에 대한 장시간 구동에의 요구는 여전히 강하고, 이에 대응하기 위해 Li이온2차전지의 에너지 용량은 매년 높아지고 있으나, 이제 한계점에 이르고 있다. 하지만 연료전지의 에너지 용량은 이론적으로 Li이온2차전지의 10배에 달해, 60시간 가동하는 노트북 PC나 대기시간이 1개월인 휴대전화기 등을 실현할 수 있다. 소니는 연료전지를 Li이온2차전지를 대신하는 새로운 전원으로써 연료전지에 착안하고 그 잠재능력을 끌어내려 한 것이다.

소니에서는 연료전지의 연구개발을 추진하는 이유가 새로운 재료를 개발해 신사업을 개척하는 것이 목적이라고 말하고 있으나 그 배경에는 Li이온2차 전지를 채용한 카메라일체형 VTR에서의 성공체험이 바탕에 깔려있다. 연료전지에 차세대 전락부품으로써의 위치를 부여한 소니는 전지개발진과 기기개발진이 함께 개발을 진행하고 있는데, 연료전지가 개발되면 곧바로 다양한 제품에 탑재되어 타사에 앞서 시장에 투입할 것이다. 소니가 주도권을 쥐고 시장을 석권하는 것은 시간문제인 것이다.

하지만, 이번에는 경합메이커에서도 가만히 방관만 하고 있지는 않다. 과거를 반성하고 소니의 독주를 막기 위해 대형메이커들이 계속해서 소형 연료전지의 개발계획을 세우고 있는 것이다. NEC, 혼다, 히다찌에서는 연료전지를 Li이온2차 전지를 대신할 전원으로써 유력시하고 이번에는 말로 시장의 주도권을 놓치지 않겠다는 강한 의지를 보이고 있다. 일렉트로닉스 메이커가 연료전지의 개발에 참여함으로써 그 속도는 가속화되고 있는 것이다.

본래 연료전지는 일부의 용도에서는 사용되고 있었으나, 그 개발 속도는 그다지 빠르지 않았다. 이러한 상황을 일변시켜 연료전지의 개발에 활기를 불어넣은 것은 자동차 업계로, 1997년부터 1998년 동안 많은 자동차 메이커들이 2005년에 연료전지로 움직이는 자동차를 실용화한다고 하는 계획을 발표한 것이 개발경쟁에 불을 붙인 것이다.

하지만 자동차는 테크놀로지 드라이브에는 도달하지 못하였다. 기술적인 장애가 예상외로 높았고 코스트 인하도 생각대로 진행되지 않았다. 더욱이 연료로써 무엇을 선택할 것인지, 또 그 공급 인프라를 어떻게 정비할 것인지 하는 문제가 실용화를 앞에 두고 커다란 문제가 되었던 것이다.

### 견인차 역할을 하는 휴대기기

이러한 상황을 타개하듯이 자동차를 대신할 새로운 테크놀로지 드라이버로서 나오게 된 것이 휴대기기용의 소형 연료전지이다. 자동차 분야로부터 자극을 받으면서 휴대기기용 소형 연료전지 개발에 대응하고 있던 것은 주로 구미의 벤처기업으로, 일본의 일렉트로닉스 메이커는 연료전지가 Li이온2차 전지를 대신할만한 수준인지를 파악한다는 관점에서 표면적으로는 단지 지켜보는 인상을 풍긴 것이 사실이다.

그러나 실제로는 수면하에서 연구개발을 진행해, 오랜 기간 배양해 온 기술을 구사하여 이제까지 없었던 연료전지용의 새로운 재료가 개발하고 있었던 것이다. 소니가 개발한 탄소계 재료의 일종인 프라렘을 이용한 전해질막, NEC의 카본나노혼을 채용한 전극재료 등이 그 대표적인 예로, 이러한 재료는 휴대기기용은 물론 자동차용이나 주택용의 연료전지에도 적용할 수 있는 가

능성이 대단히 높다. 그 기술은 이제까지와 같이 “자동차에서부터 휴대전화로”라고 하는 흐름과는 반대로 “휴대기기에서 자동차로”라고 하는 전개를 보일 것이다. 일렉트로닉스 메이커도 우선은 휴대기기 분야에서 기술을 닦고 나서 자동차 분야라고 하는 거대시장에 도전할 것이다.

휴대기기 분야가 연료전지의 개발과 보급을 견인하는 이유는 이 뿐만이 아니다. 휴대기기의 상품 사이클은 자동차나 가전제품에 비해 훨씬 짧다. 예를 들면 자동차의 모델 체인지는 거의 4년마다 행해지는 것이 일반적으로, 신기술은 조금씩 채용된다. 이에 대해 휴대전화기 및 노트북 PC 등의 모델 체인지는 거의 반년 단위이며, 신기술이 도입된 신제품이 계속 시장에 등장해 순식간에 보급된다. 휴대기기에 연료전지가 채용되면 일거에 보급이 이루어질 것은 틀림없다.

코스트 면에서 봐도 휴대기기 분야는 자동차분야에 비해 넘어야 할 허들이 낮다. 자동차용에서는 요구되는 출력이 수십kw로 높기 때문에 연료전지가 매우 커지고, 사용하는 전해질막이나 촉매 등도 많아질 수밖에 없다. 현재로서는 이러한 재료의 코스트가 높아 연료전지를 만들기 위해서는 엄청난 비용이 드는데, 현행 가솔린, 엔진의 가격정도로 까지 낮아지는데는 상당한 시간이 걸릴 것이다.

하지만, 휴대기기용의 경우 출력은 수W-수십W로 낮으며, 전지를 소형으로 하기 위한 재료 코스트도 많이 들지 않는다. 예를 들면, 연료전지를 수만엔대까지 억제함으로써 코스트면에서도 현행 노트북 PC용 Li이온2차전지를 충분히 대체할 수 있다고 대부분의 일렉트로닉스 메이커는 보고 있다.

이외에 휴대기기용의 경우 자동차분야처럼 대

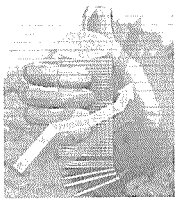
규모의 연료공급 인프라를 정비할 필요가 없다. 선택해야 할 연료도 한정되어 있다. 이 점도 휴대기기용 연료전지의 보급을 뒤에서 받쳐주는 형태이다. 예를 들면 소형 카트리지에 넣은 연료를 컨비니언 스토어 등에 유통시키고, 휴대기기를 사용하다가 연료가 떨어질 것 같으면 근처의 상점에서 구입하면 되는 것이다. 이제까지 전지에 달라 붙어 있던 교환이나 충전이라고 하는 개념은 없어진다. 물론 충전기를 가지고 다닐 필요도 없다. 눈을 돌리면 바로 거기에는 연료전지가 있다. 이러한 날이 그리 멀지 않은 시기에 실현될 것이다.

### 전기메이커가 전력을 판매하는 날

휴대기기용 연료전지가 개발되면 그 파급효과가 자동차나 주택에도 점차 확산될 것이다. 그리고 연료전지가 시민권을 획득함과 동시에 이제까지의 상식을 밑바닥에서부터 뒤엎는 사회시스템의 변화가 일어날 것이다.

연료전지는 전지라고 하는 이름은 붙어있지만 작은 발전기와 다름없다. 이것이 각 가정에 보급되어 1세대에서 필요한 모든 전력을 공급하게 되면 현재와 같이 전력회사로부터 전기를 공급받을 필요가 없고 송전선의 에너지 손실도 없어진다. 1가정에 1개의 작은 발전소가 있는 것과 같은 것이다.

이렇게 되면 이제는 송전선도 필요 없어진다. PC가 대형컴퓨터를 대신하였듯이 연료전지가 발전소를 대체하는 날이 오는 것이다. 또한 규제완화에 의해 연료전지를 이용한 전력소매사업이 활발해져 기업중으로부터의 참여가 증가할 것이다. 연료전지를 개발하는 소니, NEC, 히다찌라고 하는 일렉트로닉스 메이커가 전력을 판매하는 시대가 도래하고 있는 것이다.



## 제2부. 기기설계의 상식을 뒤엎는 연료전지

**발상의 전환!** 연료전지는 휴대기기의 설계상식을 크게 바꾸고 있다. 종래의 전지에 비해 용량이 대단히 크고, 기기 내부에서 발전함으로써 충전도 불필요해진다. 그리고 이러한 “양”과 “질”의 변화가 기기설계의 자유도를 훨씬 높일 것이다. 물을 마시고 소변을 보는 로봇까지 만들지도 모르는 것이다.

“전지에는 전혀 기대하지 않는다. 기기의 소비전력의 증가에는 설계의 고안으로 대응할 수밖에 없다고 생각한다.” 전지의 진화가 늦다. 마이크로프로세서의 동작주파수 및 하드디스크 장치의 면기록밀도의 향상 인터페이스의 다양화 등이 현저한 스피드로 진행되고 있음에도 불구하고 전지용량의 상승은 극히 미미한 수준에 머물러 있다.

이처럼 진화가 늦은 전지에 기대하는 것을 완전히 포기해 버린 기술자가 대부분이다. 예를 들면 노트북 PC의 경우 마이크로프로세서 소비전력은 10년간 100배로 증가한데 비해 Li이온2차전지의 용량은 크게 보아도 연율 10%증가에 그치고 있다. 이것은 10년간으로 보면 3배나 뒤떨어지는 것이다. 전지의 진보가 쫓아가지 못하는 부분은 다른 기술로 어떻게 하지 않으면 안 된다고 기술자들은 말하고 있다.

휴대기기에서는 당치도 얇게 전지를 크게 만들 수는 없다. 이용할 수 있는 전지용량의 제약이 발목을 붙잡아 기기설계자는 그 제약내에서 힘든 고민을 해야만 한다. 기대받지 못하는 전지 그러나 이러한 폐쇄감을 타개하는 기술이 향후 수년 내에 실용화 될 것이다. 그것이 바로 연료전지인 것이다.

연료전지의 등장은 휴대기기 설계상식을 확 바

꾸는데, 그것은 연료전지가 소위 전지가 아니라는 데 기인한다. 반응기구면에서 보면 연료전지는 발전시스템이다. 충전 등에 의해 전력을 공급한다고 하는 형태를 벗어나 기기의 내부에서 발전하는 형태로 바뀐 것이다.

### Li이온2차전지의 10배

구동원이 전지로부터 발전으로 바뀌는 이러한 패러다임시프트는 기기개발에 커다란 두 개의 변혁을 가져온다. 그것은 바로 양과 질의 변화이다. 양의 변화로는 연료전지가 갖추고 있는 높은 에너지 밀도를 이용한 것이다. 연료전지의 이론적인 에너지 밀도는 기존의 전기를 훨씬 뛰어넘는다.

이론적으로는 에너지 밀도가 Li이온2차전지의 10배 이상이 된다. 에너지 밀도가 높은 만큼 무게가 동일한 체적에 전지를 탑재했을 때에 압도적으로 높은 전류용량을 얻을 수 있다. 연료전지를 사용하면 휴대기기의 소비전력 향상에 대응하기 쉬워지며 전류용량에 여유가 생기면 지금까지 탑재에 곤란했던 기능도 쉬워질 것이다. 예를 들면 소비전력이 여전히 상승을 계속하고 있는 노트북 PC 기술자에 있어 연료전지의 등장은 하나의 커다란 낭보이다.

노트북 PC의 피크시의 소비전력은 이미 60W를 초과해 70W를 목전에 두고 있다. 설계담당자들 사이에서는 향후 2-3년 내에 100W를 상회할 것이라는 목소리도 많다. 입출력 인터페이스도 계속 늘어만 가고 있다. 노트북 PC에서는 인터넷이나 IEEE1394는 당연한 것이다. 앞으로는 USB2.0 및 무선 LAN 등이 조합될 것이다. 이러한 급격한 소비전력의 상승 및 인터페이스 기능의 추가에 대응할 때에 설계의 제도를 높일 수 있게 된다.

양의 변화는 기기의 다기능화의 일조가 되는 것뿐만이 아니다. 보다 장시간을 구동을 가능케 하는 것이다. 예를 들면 1회의 연료의 충전으로 60시간 구동할 수 있는 노트북 PC 및 대기시간이 1개월을 초과하는 휴대전화기가 현실화하는 것이다. 향후 수년내에 10시간 구동이 가능한 폴사양의 노트북 PC가 만들어 질 것이라고 기술자들은 예상하고 있다.

이러한 전지용량의 확대에 따라 다양한 휴대기기가 혜택을 보고 있다. 예를 들면 디지털, 스틸 카메라도 그 중의 하나이다. 디지털카메라는 액정패널 등의 소비전력의 증대가 큰 문제가 되고 있다. 연료전지의 대응량화가 가능해지면 당연히 채용할 가능성이 있다고 기대가 크다.

유감스럽게도 기존의 이차전지에서 이러한 장시간 구동의 실현하는 것은 어렵다. 예를 들면 Li이온2차전지에서는 연율 10%의 상승 페이스조차 위험한 상황이다. 에너지 밀도가 한계치에 다다르기 때문이다. 향후 3년 정도 피크를 억제할 계획이지만 그 앞을 대비할 전지기술이 필요하다. 지금부터 준비하지 않으면 그에 맞출 수 없을 것이다. 물론 Li이온2차전지의 개선을 목표로 하는 움직임은 전지메이커나 대학 등의 연구소를 중심으로 수년 전부터 활발히 진행되고 있었으나 돌파구가 보이지 않는 것이 현실이다.

연료전지의 또 하나의 변혁이 질의 변혁이다. 이것은 기기설계의 3가지의 자유도를 부여한다. 그것은 ①높은 에너지 밀도를 이용해 소형, 경량의 기기설계가 가능하다는 점 ②연료로부터 발전하기 때문에 충전이 불필요하다는 점 ③새로운 컨셉의 기기설계가 가능해 진다는 점을 들 수 있다.

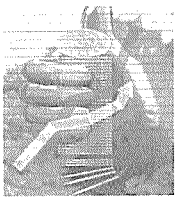
①은 양의 변화가 표리일체를 이루는 것이다.

연료전지를 사용한 경우 기존의 전지와 동일한 구동시간이면 전지무게를 훨씬 줄일 수 있다. 기기의 경량화를 가능하게 하는 것이다. 이러한 변화를 휴대전화기는 한번 경험하고 있다. 국내의 휴대전화기는 당초 Ni수소2차전지가 주요 구동원이었으나, 그것이 보다 에너지 밀도가 높은 Li이온2차전지로 바뀐 것으로 큰 폭의 경량화가 가능해졌다.

예를 들면 국내 PDC방식의 휴대전화기로 항상 소형경량화를 견인해온 마쓰시타도 당초에는 용량이 500MAH인 Ni수소2차전지를 사용하고 있었다. 그러나 경량화의 NEEDS에 대응하기 위해 Li이온2차전지를 채용하게 된 것이다. 이에 의해 이전의 기종은 155g이었으나 일거에 93g으로 가지 가벼워졌다. 물론 내부회로의 저소비전력의 공헌도 크지만 Li이온2차전지의 높은 에너지 밀도를 제외하면 현실적으로 곤란한 것이었다고 말할 수 있다.

그러나 Li이온2차전지를 가지고 있어도 차세대 휴대전화기의 요구에는 점점 대응하지 못하고 있다. 2001년 10월부터 시작된 제3세대 이동통신 시스템인 FOMA용 단말에서는 무게가 150g까지 일거에 올라갔다. 다기능화에 의해 소비전력이 증대하였기 때문에 탑재하는 전지의 용량도 높은 것이 무게를 늘린 요인이었다.

하지만 전지의 용량을 높이고 있음에도 불구하고 대기시간을 약 8분의 1인 55시간으로 급강하하고 있다. Li이온2차전지의 높은 에너지 밀도도 여기까지가 한계인 것이다. 현행기종과 같은 전지구동시간을 실현하려고 하면 전지는 무거워질 수밖에 없다. 대형화를 하지 않고 구동시간을 유지하기 위해서는 차세대 휴대전화에서도 예전에 Ni수소 이온전지로부터 Li이온2차전지로 변경했을 때와 마찬가지로 시프트 업이 필요해지며 그



## | 기술 | 예 | 측 |

역할을 맡는 것은 연료전지 이외에는 없다.

노트북 PC도 마찬가지이다. 연료전지를 사용하면 보다 경량박형의 설계가 가능해진다. 디스플레이나 프린트 회로기판이라고 하는 부품을 연구하면 두께가 1mm밀리 정도인 것도 꿈은 아니다.

질의 변화의 두 번째 항목은 충전이 불필요하다는 것이다. 이것은 유저가 사용하기 쉽고, 기기설계가 간단하다는 두 가지의 혜택을 가져온다. 연료전지에 의해 기기의 유저빌리티를 압도적으로 높일 수 있는 것이다. 예를 들면 노트북PC의 User는 지금까지 당일출장 등의 단기간 동안 이용한다고 해도 여러개의 충전기를 가지고 다닐 필요가 있었다. 출장처에서 이용할 때에도 되도록 AC점원이 가까운 위치에 설치되어 전지가 떨어지는 것에 대비할 필요가 있었던 것이다. 하지만 연료전지라면 용량이 크기 때문에 하루종일 이용하는 것도 가능하고, 만일 용량이 부족해진다고 해도 연료를 계속 보충하면 문제는 사라진다.

연료의 공급인프라를 어떻게 구축하는가 하는 과제는 있지만 예를 들면 일차전지에서처럼 컴비니언 스토아 등에서 판매하면 User는 손쉽게 연료를 입수할 수 있게 된다. 실제로 미국 모토로라가 만든 연료전지 탑재의 휴대전화기 등에서는 연료를 만년필의 잉크 카트리지와 같은 용기에 수납하고 있다. 양판점 등에서 유통하기 쉬운 형

태로 하기 위해서이다.

충전이 불필요해짐에 따라 기기설계상의 메리트도 나오고 있는데 그것은 충전보호회로가 필요하지 않다는 점이다. Li이온2차전지의 경우 과충전이나 과방전을 방지할 목적으로 충전보호회로를 실장할 필요가 있었다. 하지만 연료전지에서는 그러한 회로를 사용할 필요가 없어지는 것이다.

질의 변화가 가져오는 메리트의 세번째는 전혀 새로운 컨셉의 기기개발이 가능하다는 점이다. 기기의 본체 내부에 발전기를 삽입한다고 하는 지금까지 어떤 발상이 기기에 새로운 가능성을 부여한다. 예를 들면 연료전지를 가정용 로봇에 삽입하는 것을 상정해 보자. 당연히 액체연료의 공급수단에 여러 가지 아이디어가 나올 것이며, 그 중에는 물을 주입하듯이 설계할 수도 있을 것이다. 그렇게 되면 지금의 충전이라고 하는 행위가 애완견에게 물을 주는 것과 같은 행위로 바뀌게 된다. 덧붙여 연료전지를 이용하면 미량의 수분(H<sub>2</sub>O)가 발생하는데 이 수분의 발생을 이용해 소변을 보는 로봇을 만들 수 있을지도 모른다

이것은 극단적인 예이지만 연료전지는 기기설계자에게 발상을 바꾸게 하는 포텐샤를 갖고 있음이 확실하다. 연료전지의 특성을 얼마나 살릴 수 있을 지는 앞으로의 기기설계자의 수완에 달려있다고 말할 수 있을 것이다.

닛케이 일렉트로닉스 2001년 10월호 번역자료임.