



휴대용 연료전지 저장기술

□ 김병관 / 오선택 책임연구원

□ 원충연 / 성균관대 교수

1. 개 요

1) 휴대용 연료전지 수소저장 시스템 개발의 필요성

연료전지는 수소를 에너지원으로 사용하며 최종 생성물로 전기와 물(water)을 생성하는 청정에너지원으로서, 현재와 미래의 큰 근심거리로 대두되어 있는 지구온난화 문제를 근본적으로 해결할 수 있을 것으로 예측되어진다. 따라서 연료전지 시스템 기술력 확보가 21세기의 국가경쟁력을 결정하는 중요한 요소 중의 하나가 될 것이다. 또한 연료전지 시스템은 미래의 지속적인 에너지 공급을 약속할 수 있는 꿈의 에너지로서 화석연료의 고갈과 불안으로부터 완전히 탈피할 수 있다. 수년 전까지는 연료전지의 이용측면에서 우주개발 또는 군사용 등 특수 분야에 한정되어 왔으나, 최근에는 기술의 발전과 더불어 일반 용도로도 그 범위가 확대되고 있으며 기후변화협약에 의한 이산화탄소 저감 대책의 일환으로 수소에너지의 이용은 향후 빠른 속도로 증대될 전망이다. 따라서 수소연료전지 기술은 수소의 제조, 저장, 수송 및 이용방법(stack 등)에 이르기까지 많은 분야의 기술이 종합적으로 연관되어 있으며, 이의 연구개발은 전후방효과가 상당히 크며 부가가치도 높은 기술로 인식되고 있다.

연료전지 기술은 수소의 화학에너지를 전기에너지로 전환하므로 공해물질을 거의 배출하지 않아 친환경

적이며, 발전효율이 높아(40% 이상) 에너지 절감효과가 매우 크다. 또한 연료전지는 그 응용분야가 다양하여 향후 자동차, 선박, 항공기 등의 수송부분과 발전소 등의 전력 부분, 그리고 휴대용 가전제품뿐만 아니라 군사용장비의 에너지 공급원으로도 활용이 가능하다. 또한 연료전지는 전력밀도가 리튬 폴리머 전지의 3배 이상이므로 소비전력이 크고 사용기간이 긴 무선 어플리케이션의 상업화를 앞당길 수 있을 것이다. 이와 같이 연료전지는 에너지, 자동차 전력, 전자 등 다양한 산업에서 급격한 변화를 초래할 것이며, 이를 장차하는 응용제품의 산업 및 시장 경쟁력을 크게 향상시킬 것이다. 특히 최근 이동성이 중시되는 IT 산업에 있어서 이동형 전원은 흔히 심장에 비유 될 정도로 중요한 역할을 수행한다. 현재까지는 이 역할을 기존의 2차 전지가 주로 담당해 왔으나 연료전지가 등장함에 따라 이동형 전원의 경쟁구도 변화가 불가피 할 전망이다. 또한 휴대용 연료전지의 경우 수소 인프라에 대한 의존도가 낮기 때문에 향후 안정성, 소형화 및 가격만 만족시킨다면 시장이 급속히 확대 될 것으로 전망된다. 이에 따라 작은 크기로 오랫동안 전력을 제공할 수 있는 연료전지가 크게 부각될 가능성이 높다. 즉, 다음 그림 1과 같이 휴대용 기기가 점차 고성능화되면서 이동형 또는 휴대용전원 기기에 대한 전력공급이 이슈로 부상하고 있다. 그리하여 연료전지는 로봇, 노트북 그리고 4G 휴대폰 등 휴대용전자기기에 범용적인 연결성을

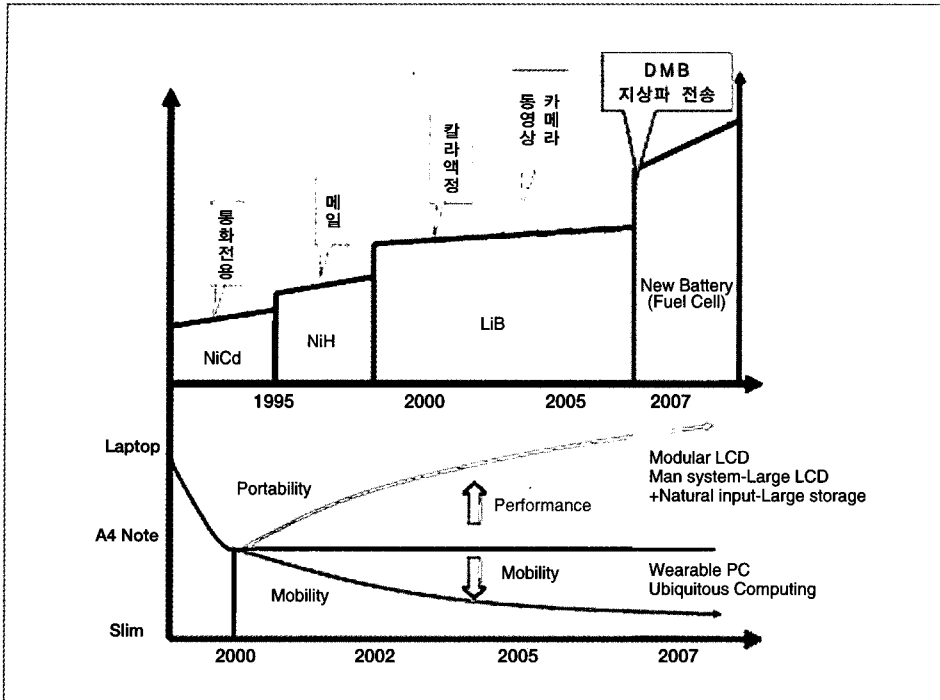


그림 1 휴대정보 기기의 전력소모 경향(출처: 문고영, 한국화학공학회 춘계학술대회, 2005, p5)

가져다 줄 수 있을 뿐만 아니라, 각종 전자기기분야에도 파급효과가 클 것으로 전망된다.

그러나 연료전지 시스템은 Stack, BOP, 연료저장 기술 등으로 구성되어 있으나, 주로 Stack 과 BOP에 연구개발이 집중되어 왔고 어느 정도 성능이 확보된 상태지만, 연료 저장 및 공급에 대한 수소저장 연구개발 수준은 선진국에 대비하여 매우 열악한 실정이다.

2. 관련기술의 현황

수소에너지 및 연료전지는 석탄시대의 증기기관, 석유시대의 내연기관을 대체하는 새로운 산업 패러다임으로 급부상 중이고 주요 선진국의 국가정책과 글로벌 기업의 산업적 이해관계가 잘 일치한다. 연료전지는 전해질의 종류 및 작동온도에 따라 구분되며 상온구동이 가능한 고분자 전해질 연료전지(Polymer electrolyte fuel cell)가 휴대용/가정용/차량용으로 개발 중에 있다.

휴대기기용 연료전지는 이론적인 체적당, 중량당 에너지밀도가 크기 때문에 소형화 및 경량화에 절대적으로 유리하며, 대량생산이 가능하고 가정용/차량용에 비해 연료의 유통에 필요한 인프라 확충의 제한이 적어 보급 용이성이 매우 우수하다. 하지만 연료전지의 상용화의 가장 큰 장애물 중 하나는 아직 마땅한 수소저장방법이 없다는 것이다. 따라서 현재는 메탄올이나 가솔린 등을 개질하여 수소를 얻고 있으나 수소저장방법이 확립될 경우 이러한 과정은 불필요하게 된다. 현재 수소의 저장 및 수송은 기체 상태로 철제 봄베로 하고 있는데 고압이 필요하기 때문에 안전성에 문제가 있고 가격이 비싸기 때문에 효율이 좋은 저장법이라고는 말할 수 없다. 한편 액체수소의 저장은 액화시키기 위하여 많은 에너지와 고가의 설비 투자를 필요로 하는 결점이 있다. 여기에 반하여 금속 수소화물(MH)은 금속수소화물 형태로 수소를 흡수하고 방출하는 특이한 성질을 갖고 있다. 따라서 이 특성을 잘 이용하면 수소의 저장 수송에 유효하다. 이 수소저장법은 금속

과 합금에 따라 표준상태의 수소 약 1000배의 수소밀도를 갖고 액체수소와 같거나 그 이상의 밀도로 수소를 저장할 수 있고 순도가 높은 수소를 얻을 수 있다는 등 여러 특징을 갖고 있으며 경제적 및 효율적인 수소의 저장법이기에 때문에 최근에는 수소 저장용 합금과 수소의 저장 수송 장치의 연구 개발이 진행되고 있다.

3. 국내의 기술동향 및 수준

■ 연료전지(DMFC와 PEMFC)의 기술 개발 동향

연료전지는 연료를 공급하는 방식(PEMFC, DMFC)에 따라 연료전지의 가격 및 인프라 구축 비용이 크게 달라질 수밖에 없으므로 많은 논의가 진행되어 있다.

현재 자동차 분야의 경우 성능의 우수성으로 인해 수소를 연료로 하는 PEMFC 방식이 채택된 반면, 휴대형 IT기기용 소형 연료전지의 경우 사용 시 안전성, 연료공급의 편이성, 연료탱크의 부피 등이 큰 변수로 작용함으로 인해 PEMFC와 DMFC 방식의 연료전지가 경합하는 양상이다. 즉 연료전지 자체의 성능은 PEMFC에 비해 DMFC가 크게 떨어짐에도 불구하고 수소저장 기술의 미비로 인해 DMFC(직접메탄올 연료전지)를 개발하고 있는 추세이다. 그러나 해외에서는 수소저장 기술에 의한 직접 수소 공급형 PEMFC 연료전지를 적용 할 경우 기존의 메탄올 연료 공급형 DMFC의 문제점(부피, 백금 촉매 loading 량, Cross-over 등)을 동시에 해결 하려는 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나, 국내에서는 차량용을 제외 한 휴대기기용에는 거의 연구가 진행되지 않고 있다.

■ 주요기관의 수소저장기술 개발 현황

수년 전 Ni/MH 2차전지가 국내에서도 상용화가 되었기 때문에 SAMSUNG, LG, SK 등 2차 전지생산업체는 수소저장합금에 대한 기본적인 생산기술을 보유하고 있다. 그러나 Li-ion 2차전지에 의해 시장이 좁아짐으로 인해 현재 수소저장합금에 대한 연구가 크게 위축되었으며 일부 Ni/MH 2차전지용 수소저장합금을 이용하여 연료전지에 적용하려는 시도가 있긴 하였지만

연료전지 전용 수소저장합금과는 기본특성이 다르고 또한 Ni/MH 2차전지용 수소저장합금의 비중이 커 이 동형 연료전지적용에 한계를 보였다. 이러한 이유로 최근의 연료전지용 고성능 수소저장기술에 대한 연구는 전무한 상황이다. 동일한 이유에서 한국과학기술원, 에너지기술연구소, 한국과학기술연구원서 수년 전 연구를 수행한 적이 있었으나 학술적인 성격이 강하다. 현재는 정부지원 및 인식의 부재로 인해 그 중요성에도 불구하고, 국외의 경우 정부연구비 및 개발기업이 크게 증가하는 추세인 반면, 국내연구는 거의 전무한 실정이다.

4. 휴대용 수소공급장치 시장전망

■ 예상 파급효과

- 기술적 측면
 - 휴대기기용 고성능 연료전지 시스템 상용화 기술 확립
 - 연료전지 Stack 출력 성능 향상
 - 연료전지 Stack을 구성하는 촉매 loading량 저감
 - 수소저장합금 설계 및 제조기술
 - 가정용 및 자동차용 연료전지 응용 기술
- 산업적 및 경제적 측면
 - 블루오션 신성장 동력 산업 확보
 - 휴대기기용 산업 및 연료전지 시스템 산업화 촉진
 - 국내 수송저장합금 제조 및 부품 제조 산업 가능
 - 고용 촉진 및 우수 인력양성 효과
 - 대외 무역 역조 개선 및 국제 경쟁력 향상

■ 활용 방안

- 노트북
 - 잠재적 시장규모로 볼 경우 휴대폰 시장이 훨씬 크다고 볼 수 있으나 당분간은 노트북 시장이 주요 표적이 된다고 예상되어진다. 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 다른 휴대기기들에 비해서 노트북이 상대적으로 고가이기 때문에 여기에 사용되는 연료전지의 가격을 고가로 책정하여도 시장에서

흡수가 가능하다. 둘째, 가격뿐만 아니라 크기에 있어서도 노트북은 다른 휴대기기에 비해 월등히 크므로 연료전지 시스템의 적용이 기술적으로 용이하다. 셋째는 휴대폰에서와 같은 신제품에서의 고용량 전원에 대한 니즈로서 무선 노트북 컴퓨터를 개발하는데 있어서 연료전지의 채택이 커다란 구동요인으로 작용할 수 있다.

• 소형휴대기기

연료전지의 적용이 가능한 소형휴대기기는 휴대폰, PDA, 디지털카메라, 캠코더 등이 있다. 이 중 휴대폰 전원으로서의 연료전지 시장은 가장 잠재력이 높은 시장이다. 특히 우리나라의 경우, 세계 휴대폰 시장의 20% 가량을 생산하고 있어 동 분야에 거는 기대가 크다고 볼 수 있다. 사실, 현재 통용되고 있는 핸드폰에서는 연료전지 정도의 높은 에너지 밀도가 요구되지 않지만, 제3세대 휴대폰이 도입될 경우 연료전지가 유력한 대안으로 등장할 수 있다. 이 경우 초기에는 제3세대 휴대폰의 가격이 매우 높아 고가의 연료전지의 비용이 흡수될 수 있는 가능성이 있으며, 특히 초기 수용자를 대상으로 한 시장진입이 성공할 가능성이 있다. 그러나 크기 및 피크용량에 있어서 기술적 문제가 있으며, 특히 동 분야에서 리튬계 이차전지의 기술진보에 따른 첨예한 경쟁이 불가피하기 때문에 본격적인 시장의 형성은 노트북 이후로 보는 것이 타당하다.

• 이동형 전원/전지충전기

이동전원 및 전지충전기용 시장은 전체규모가 그리 크지는 않지만 연료전지의 주요 니치마켓으로서 이미 일정부분 형성되어 있으며, 노트북 및 휴대기기 시장의 개화를 유도하는 초기 시장의 형태로 볼 수 있다. 동 시장이 타 시장과 차별화되는 점은 가동시간으로 볼 수 있으며, 하루이상의 비교적 긴 시간동안 가동이 되어야 할 필요성이 있다. 특히, 군용제품에서 배터리를 대체할 가능성이 높으며, 그 이유는 군사기기의 특성상 시스템이 고가이고 뛰어난 전력밀도, 가벼운 무게, 충전의 용이성으로 충분히 시장진입이 가능하다.

세부적으로 살펴보면 다음과 같은 이동전원 분야에 사용이 가능하다고 판단되어진다.

- 디젤 발전을 대체하는 군작전용, 이동용, 비상용 전원
- 레저 또는 스포츠 용품의 이동용 전원(예, 골프 카트)
- 가정용 이동 및 비상용 발전
- 전자기기용 휴대용 전원
- 컴퓨터 백업 메모리 전원
- 소형 수송용 전원
- 해변, 공원 등 휴양지용 이동전원
- 유무선 통신용 발전 전원
- 비상발전 등