

## 연료전지기술 시장트렌드 분석 (수송용 연료전지 중심으로)

박 수억<sup>1)</sup>, 이 덕기<sup>2)</sup>, 최 봉하<sup>3)</sup>

### Analysis of the Fuel Cell Market Trend

Soo-Uk Park, Deok-ki Lee, Bong-ha Choi

**Key words** : Renewable energy, Technology market, Fuel cell bus, Fuel cell vehicle, PEMFC

**Abstract** : 21세기에 들어서서 새로운 신에너지원으로 각광을 받는 연료전지는 지구온난화의 영향으로 청정에너지를 더욱더 필요로 하는 에너지를 부상시켰다. 2000년을 기점으로 다양한 연료전지기술들이 다양한 응용분야에 기술개발이 이루어지고 있으며 2004년에는 11,000기 이상의 연료전지제품이 출시되는 등 급속한 발전을 거두고 있다. 특히 연료전지 제품의 시장화에 앞장서고 있는 수송용 연료전지는 차세대자동차의 대체 상품으로 주목받으면서 메이커 중심으로 상용화에 노력을 배가하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 연료전지의 전반적인 시장구조를 살펴보고, 특히 수송용 연료전지의 시장과 산업에 관하여 분석하고 틈새시장 진입을 위한 전략을 제시하였다.

## 1. 서론

연료전지란 새로운 개념의 에너지를 발생시키며 천연가스와 메탄올 등의 연료로부터 수소를 추출하여 대기 중의 산소와 반응시켜 전기를 만드는 발전방식이다. 또한 기존 발전방식보다 발전효율이 높은 시스템으로(40~60%) 반응과정에서 나오는 배출열을 이용하면 최대 80%까지 에너지로 바꿀 수 있는 획기적인 발전 방식의 기술이다. 전기를 생산하는 과정에서 열도 발생하므로 기존의 화력 발전에 비해 효율이 높으며 열병합발전도 가능하다. 연료전지 발전방식이 미래의 에너지로 각광을 받는 이유는 발전효율의 높음에만 기인하는 것이 아니고 다양한 연료를 사용하기 때문에 에너지원 확보가 쉽고 연소 방식이 아님에 따라 지구온난화의 주범인 온실효과에 영향을 미치지 않는 청정에너지원이라는 점에서 더욱 각광받고 있다.

특히 21세기 들어서 지구온난화의 영향으로 청정에너지 사용 및 에너지 웰빙화를 불러오는 계기를 마련하였다. 더불어 석유자원의 정치적 이슈화는 에너지의 안정적 공급이라는 대명제 아래 신에너지원 개발이 부상하고 있으며 이에 따른 연

료전지 현실화 가능성이 배가됨으로서 각국이 수소경제와 연계하여 기술개발에 박차를 가하고 있는 것이 현실이다. 신재생 에너지는 에너지의 영역에서 교차로에 해당한다. 이는 공공성 확보가 필요하며 이에 따른 기술개발의 우수성과 비용의 향상이 요구됨과 함께 산업성장의 기여가 고려되기 때문이다. 최근의 신재생 에너지의 관심과 기대는 21세기에 들어서 지속가능한 개발과 함께 주요한 요소로 우리에게 접근해오고 있다. 특히 미래에너지원의 요구에 대한 갈망과 자원고갈의 불안함에 대한 기대가 크며, 지구온난화의 불안함에 대비하는 온실가스 저감 노력의 대체 전략으로 더욱 힘을 받고 있다.

본 연구에서는 연료전지의 전반적인 시장구조

- 
- 1) 한국에너지기술연구원 정책연구부  
E-mail : supark@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3045 Fax:(042) 860-3135
  - 2) 한국에너지기술연구원 정책연구부  
E-mail : Deokki@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3753 Fax: (042) 860-3135
  - 3) 한국에너지기술연구원 정책연구부  
E-mail : bngunit@kier.re.kr  
Tel : (042) 860- 3489 Fax: (042) 860-3135

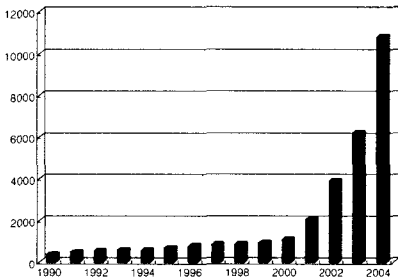
를 살펴보고, 특히 수송용 연료전지의 시장과 산업에 관하여 분석하고 틈새시장 진입을 위한 전략을 제시하였다.

## 2. 연료전지기술시장

2000년대에 들어서 연료전지 기술개발은 점차로 R&D기술에서 D&D(demonstration & dissemination)의 방향으로 진입하고 있는 가운데 몇몇 분야는 상용화를 근거리에 두고 연료전지 산업의 발전을 위한 발전을 거듭하여왔다.

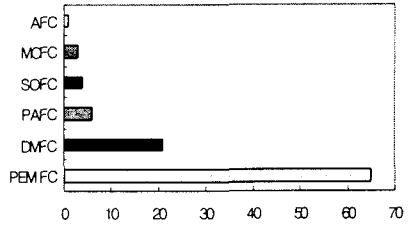
최근의 연료전지시장 진입전략은 2000년대에 들어서 연료전지 기술의 기술혁신이 급성장하는 결과를 나타내고 있으나 아직은 기술적 한계가 높아 시장이 제품에 진출하기는 쉽지 않은 실정이며 시제품 중심의 시범과 사업이 각 국가별로 또는 주요기업체별로 활발하게 노력 중에 있다.

연료전지 시장에서의 성장률은 2000년대에 들어서서 55%의 급성장을 하고 있다. 특히 휴대용 연료전지분야의 빠른 성장 속에 1960년대부터 개발되어오던 연료전지기술의 제품화 과정은 2004년 현재 11,000시스템을 설치하여 가파른 성장곡선을 나타내고 있다.(Fig.1 참조)



자료: [8]  
Fig.1 연료전지 시스템 누적설치 (1990-2004)

1990년대부터 실제적으로 설치된 연료전지 시스템은 2000년을 기점으로 1,000시스템을 달성하였으며 2002년과 2003년에는 급성장을 하여 4년 만에 10,000시스템 설치의 벽을 넘는 가운데 다양한 기술별로 적용 범위를 넓혀나가고 있다. 또한 참여기업의 증가를 비롯하여 이제는 뚜렷한 연료전지 산업군을 이루고 있다. 이를 기술별로 살펴보면 1970년 이후 2004년까지의 설치된 시스템에서 PEMFC의 독주 가운데 DMFC, PAFC, SOFC, MCFC, 그리고 AFC 순으로 나타나고 있다. (Fig.2 참조)



자료: [8]  
Fig.2 연료전지 기술별 시스템 설치비율(%)

이를 2004년 기준으로 기술별 설치 경향을 재조명해 볼 때, 단순 시스템 설치 대수로 비교하면 PEMFC가 약 55%, 그리고 DMFC가 43%를 차지하여 주종을 이루고 있는데 이는 DMFC가 약진하고 있음을 알 수 있는 지표이며 나머지 2%를 4개 기술에서 차지하는 극단적인 결과를 나타냈다.

또한 응용분야별로 기술적용을 살펴보면 수송용과 가정용은 PEMFC가 지배적으로 시장을 장악하고 있음을 알 수 있고, 대규모 발전형은 5개 기술이 골고루 점하고 있는 반면에 휴대용은 DMFC의 약진이 주목되고 있다.

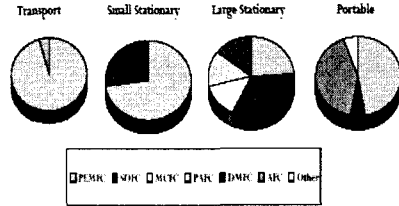


Fig.3 응용분야별 기술점유비

2004년에 생산된 연료전지시장의 지역별 배분은 미국을 포함한 북미 40%, 유럽이 35%, 일본이 18%, 아시아 5%, 기타 2%로 이용되고 있다.

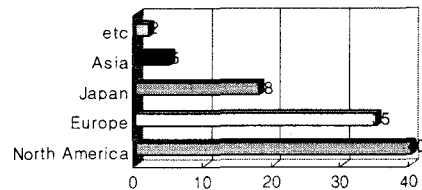


Fig.4 지역별 연료전지시스템 점유비율

그리고 이슈 중의 하나는 인도, 중국, 그리고 아프리카 등 제3국에서도 관심이 크게 높아지고 있다는 것이다. 또한 지역별로 국가별 개발 환경에 맞추어 기술선점을 위한 노력을 강화하고 있으

며, 경쟁분야 별로는 북미는 수송용, 군사용에 유럽은 건물용, 발전용, 일본은 건물용, 휴대용에 집중도를 높여가고 있다.

### 3. 수송용 연료전지 산업

규모면이나, 재정가치나 환경효과 측면에서 볼 때 수송시장은 연료전지에서 가장 높게 평가하는 제품이다.

최초의 연료전지 자동차(FCV, Fuel cell vehicle)의 제작식이 있는 1959년 이후에 40년 동안 수송용 연료전지에 관하여 시험해 왔으며 1990년대 중반까지 소수의 자동차가 만들어져 왔으며 상업성에 발맞춘 개발은 2000년 이후에 이루어졌다.

수송용으로 이용된 연료전지시스템의 증가는 대부분이 승용차를 중심으로 이루어졌는데 최근 Daimler Chrysler's에 의해 연료전지 자동차가 2004년에 60여대가 출시되었고 이를 가능하게 했던 것은 독일이 세계에서 가장 큰 수소충전소를 개통함으로써 몇 십대의 자동차의 출시와 연결되었기 때문이다.

수송용 연료전지의 응용분야는 서로 다른 시장구조를 가지고 있는 자동차, 버스 및 틈새시장인 특수차량 등으로 크게 구별한다. 지금까지의 시스템생산 추이를 보면 2004년 현재 800시스템이 상을 생산하였는데 이중 자동차가 60%를 상회하고 있으며 버스가 30%에 못 미치는 시장점유율을 나타내고 있다.

출시된 제품들의 범위는 주 에너지 및 보조에너지에 이용된 폭넓은 자동차 범위이며 또한 이들에는 특수차량으로 자전거, 스쿠터 등을 모두 포함한 것이다.

국가별 개발 추이는 자국의 주변 환경에 적합한 방식을 선택하고 있다. 예를 들어, 자동차의 경우 차세대 동력원은 연료전환이 필수임을 감안하여 연료전지자동차(FCV) 개발에 세계적으로 주요한 자동차메이커들은 다투어 개발 의지를 높이고 있다. 연료전지버스(FCB)의 경우 지리적 여건에서 버스활용도가 강조되는 유럽국이나 중국 등에서의 개발이 앞서고 있다. 특수차량인 경우, 수요자의 창출이 쉬운 국가들 중심으로 대만의 scooter, 유럽의 camping car 처럼 지역 여건의 호응도에 따라 기술개발의 발전이 이루어져 기술 진보 및 제품향상에 기여하고 있다.

수송용 연료전지 시스템을 이용하기 위해서는 연료 선택이 주요한 이슈이다. 자동차 및 승용차는 직접 수소를 주입하거나 또는 천연가스를 이용하며 특수차량은 바이오연료나 프로판을 이용한다.

수소인프라를 위하여 최근에 캘리포니아 주 정부는 2010년까지 200개의 수소 충전소를 설치할 예정이며 캐나다 정부는 2010년 동계올림픽을 대비하여 밴쿠버공항부터 휘슬러까지 수소고속도로

를 건설할 것을 발표했다.

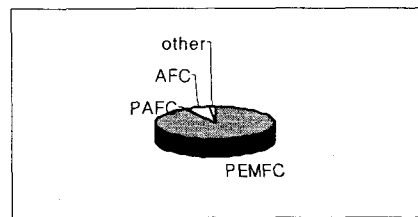
#### 3.1 연료전지버스(FCB)

연료전지 버스(FCB)는 1993년 캐나다의 Ballard Power Systems 에서 처음으로 세상에 나온 후 관심이 집중되었다. 이후 꾸준히 증가하여 2000년대에 들어서서 이 분야에 새로운 프로젝트의 등장 등 많은 변화를 가져왔다.

이후에 많은 FCB가 추진되었으며 다른 어느 지역보다 유럽에서 적극적으로 추진하고 있다. EU에서 집중적으로 추진하는 프로그램으로 CUTE(Clean Urban Transport for Europe)와 ECTOS(Ecological City Transport System)의 두 프로젝트는 2003년 마드리드에 FCB 도입을 계기로 유럽 내 10개 도시에 30여대의 버스가 시범화 프로젝트로 운영되고 있으며 타국에서도 이를 예의 주시하고 있다.

다른 지역에서도 아직은 전시용으로 많이 활용되고 있으나 개발의지를 보이고 있는 나라로는 북미, 호주, 중국, 일본 등이 적극적으로 참여하고 있으며, 적용되고 있는 도시는 베이징, 멕시코 시티, 뉴델리, 상파울로 그리고 상하이 등이다. 특히 중국은 베이징 하계올림픽을 대비하여 100대의 FCB를 준비하고 있다.

기술선택에 있어서 1990년대에는 약간의 버스들이 PAFC시스템을 구축하였다. 그러나 최근의 FCB는 구동범위를 70kW ~ 200kW 범위에서 대부분이 PEMFC 시스템으로 구동하고 있다.



자료:[9]

Fig.5 FCB의 기술적용

시장여건에서 볼 때, FCB시장은 FCV시장과는 다른 연료전지 시장구조를 가지고 있다. 일반적으로 버스 제작사들은 자신들이 직접 엔진기술을 개발하지 않고 내연기관에 연료전지를 적용한다. 대부분의 경우, 아직 FCB는 시범프로젝트 범위내에서 실시하는데 비록 적은 규모일지라도 승용차보다 시장 침투가 용이하다. 예를 들어, 연료선택에서도 FCB 시장은 CNG같은 대체연료에 의한 공급이 원활할 만큼 수소연료로의 전환이 쉽기 때문이다.

시범화 프로그램(Demonstration Programmes)으로는 유럽의 CUTE와 ECTOS를 포함하여 호주의 STEP, 캐나다의 Natural Resources Canada Fuel Cell Bus Programmes, 일본의 World Expo 등에서 적극적으로 참여하고 있다.

[표 1] FCB의 연료선택

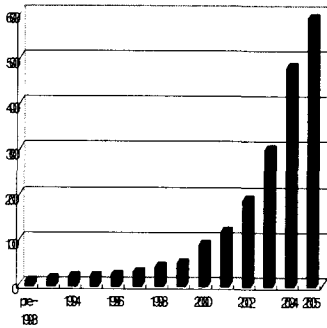
연료별	점유비(%)
CH2	81.9
LH2	6.1
MeOH	5.6
Metal Hydride	2.8
Other	3.6

자료:[9]

한편 이들을 뒷받침 해주는 주요 버스 메이커로는 Daimler-Chrysler(독), Gilling(미), Irisbus(프), Man(독), Neoplan(독), New Flyer(카), ThunderPower's(미), Toyota(일), Van Hool(벨), 그리고 Volvo Bus(스웨덴) 등이다. 또한 스택제조업체는 Ballard Power Systems(카), Enova Systems(미), Hydrogenics(카), Proton Motor(독), Shanghai ShenLi(중) 그리고 UTC Fuel Cells(미) 등이 활동을 하고 있다.

### 3.2 연료전지자동차(FCV)

연료전지 자동차(FCV)가 처음 이용된 것은 40년 전으로 거슬러 올라간다. 1990년대 중반까지는 소수의 자동차가 생산되었고 그 이후 Prototype형이 부상되고 2003년에 300여대, 2004년에는 500여대에 가까운 증가를 나타냈다. (Fig.6 참조)



자료:[11]

Fig.6 연료전지 자동차의 누적분포

아마도 1960년부터 2002년 사이에 생산된 FCV보다 2004년에 생산한 연료전지자동차의 수가 더 많았다. 단 여기서 연료전지자동차의 범위는 승용차와 밴 같은 SUV자동차, 골프카트 등을 포함한다.

2000년대에 들어서 연료전지자동차의 주요 이슈를 살펴보면 2002년 도요다와 혼다는 일본과 캘리포니아에서 30여대 이상 공급하였다. 2003년에 Daimler Chrysler는 제한된 FCV를 인도하기 시작하였고 2004년에는 Nissan이 Cosmo oil에 첫 임대를 하였으며 Daihatsu, Ford 와 현대·기아는 시제품들을 내 놓았다.

지역별 개발 영향력을 살펴보면, 미국과 일본이 적극적인 추진 속에 유럽국, 일부 아시아국에서 참여하는 정도이지만 본 사업에 참여하는 기업들이 자동차메이커를 중심으로 될 수밖에 없으므로 세계적으로 주요 자동차 생산메이커 중심으로 상호 협력 프로그램을 독려하고 있다.

또한 이들이 선택하는 기술은 PEMFC 시스템이 지배적이며 좀 더 앞을 내다볼 때 이러한 추세는 계속적으로 이어져갈 것으로 보인다. 연료선택에 있어서는 FCV시장에서는 CH2(compressed hydrogen)가 최우선적으로 선택되고 다음으로 LH2(liquid hydrogen)를 선택하고 있다.

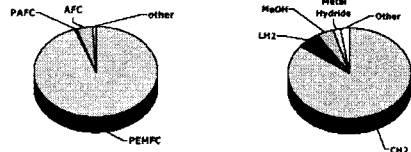


Fig.7 연료전지자동차의 기술 및 연료선택

아직은 연료전지 자동차 시장이 활발하지는 않지만 많은 자동차메이커들은 차세대 자동차업체가 나갈 방향을 연료전지자동차가 가지고 있기 때문에 적극적으로 참여하고 있다. 이들 주요 메이커는 Anuvu(미), Beijing Fuyuan Fuel Group(중), Daihatsu(일), DaimlerChrysler(미/독), Fiat(이), Ford Motor Co.(미), General Motors(미), Honda(일), Hyundai.kia(한), Nissan(일), Toyota(일) 등이 선두적으로 활동하고 있다.

### 3.3 특수차량

수송용 연료전지 응용분야 중 버스와 자동차 분야를 제외한 특수차량 또한 연료전지 이용의 다양한 영역으로 부상하고 있다.

특히 이는 틈새시장의 잠재력을 가지고 있으며 목적 지향적으로 편리한 수송수단으로 주목을 받고 있다. 연료전지의 특수차량은 1960년대에 시작되었다. 이때는 주로 우주용 보조연료장치(Auxiliary power)와 소형오토바이(Motorbike)에 적용되었다.

최근의 응용분야는 폭넓게 적용되고 있으며 스쿠터, 자전거, 자동차용 연료보조장치(APU), 휠체어, 해양용, 우주용 등에 다양하게 적용되고 있다. 그중에도 가장 활발한 분야는 스쿠터, 자전거, APU 및 수송용에 75%를 차지하고 있다.

40년 이상 개발되어온 특수차량용 연료전지는 지역별로 볼 때 북미, 특히 미국과 유럽 그리고 아시아국으로 대별될 수 있다.

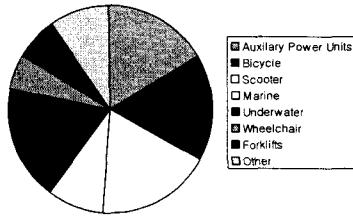
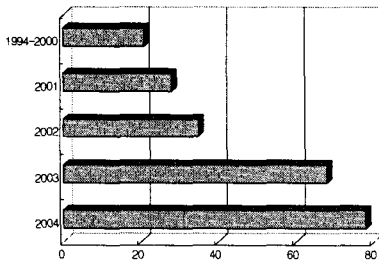


Fig.8 특수차량용 연료전지 응용분야

그중 일본은 실질적으로 특수차량분야에는 관심을 많이 가지고 있지 않고 오히려 대만을 포함한 일부 아시아국들에서 자전거와 스쿠터분야에 집중하여 개발에 발을 들여놓고 있다. 시스템적용은 2000년까지는 미미한 성장을 보였으나 2002년부터 150시스템 이상을 나타내었다.(Fig.9 참조)



자료: [12]  
Fig.9 특수차량용 연료전지 시스템 누적분포 (1994~2004)

분야별로 참여하는 기업이 많으며 주요 분야 중심으로 스쿠터는 Aprilia(이), Asia Pacific Fuel Cell Technologies(APFCT: 타이완/미), Dana Corporation(미), IMRE(싱), Palcan(카), Parker Hannifin(미), ECN(네), Scooter India(인), Yamaha(일) 등이 참여하고 있고, 자전거는 Aprilia(이), FAAM(이), Palcan(카)등이며, APUs는 Renault(프), Volkswagen(독), BMW(독), Delphi(미), Institute of Transportation Studies, University of California(미), Patria Vehicles(핀), Proton power(미), Webasto(독) 등이 활동하고 있다.

#### 4. 결론

연료전지 보급 장애의 극복, 연료전지 보급을 위해서는 연료전지 가격, 운영비용 등 전체 비용 구조를 최대한 낮춰 경제성을 확보해야 한다. 이는 연료전지 시스템 도입 시 소비자의 판단 근거가 얼마나 빨리 투자금액을 회수할 수 있는냐에 달려있기 때문이다.

이를 위해 우선적으로 연료전지 시스템의 저가화가 필요하다. 연료전지가 기존시스템에 비하여 1.5-2배 가격 수준으로 떨어져야 소비자의 가격저항이 완화되기 시작할 것으로 예상되며, 이를 위해서는 우선적으로 소재가격의 하락이 필수적이며 전해질막, 전극, 촉매 등 기초소재 저가화는 응용분야에 상관없이 공통적으로 해결해야 하는 과제이다. 이는 고효율화와 연계된다. 현재까지 제시되는 연료전지 시스템은 효율성에 미비점을 많이 가지고 있다. 연료전지 자동차의 종합효율이 하이브리드 자동차수준이고, 타 응용분야도 효율 개선이 필요하기 때문에 효율을 높이기 위해서는 전해질막, 전극 등 소재의 성능을 개선하여 요소별로 효율제고가 우선되어야 할 것이다.

다음으로는 연료가격의 인하이다. 수소를 친환경적으로 값싸게 생산할 수 있는 기술개발이 요구된다. 화석연료에서 수소 추출시 가솔린보다 추출효율(Well to Tank)이 20% 정도 낮고 발생하는 온실가스를 처리하기 위해 추가적인 비용이 필요하다. 그리고 저장 및 운송방법을 개선해 비용을 줄이고 연료손실을 최소화해야 하며 특히 자동차 항속거리를 확대하기 위하여 저장기술의 개발이 매우 중요하다.

연료전지산업은 기술종류도 다양하고 제품도 폭넓게 만들어지고 있다. 그러나 연료전지 시장은 아직도 embryonic stage(미숙성단계)이기 때문에 우리나라같이 수소인프라의 미비, 기술영역의 on-going, 스탭, 촉매 등의 여타기술을 습득함과 이를 상용화제품으로 시장에 내놓기까지는 많은 노력과 집중이 필요하다. 차세대에너지라는 기대와 희망은 버릴로 인하여 기반이 다져지기 전에 세계시장에서 뒤처리를 맞을 수 있으므로 다른 어느 분야보다도 선택과 집중이 필요하며 우리나라가 선점할 수 있는 틈새시장이 무엇인지를 발굴함에 국가가 앞장서야 할 것이다.

#### References

- [1] 삼성경제연구소, 수소에너지 혁명을 주도하는 연료전지, 2003
- [2] 한국기술거래소, 산업기술시장 정보: 연료전지, 2003
- [3] 전자부품연구원, 연료전지산업동향, 2003
- [4] 삼성경제연구소, 에너지혁명: 연료전지 사업의 현황과 발전전망, 2004
- [5] 한국화학공학회, 수소경제와 연료전지, 춘계학술대회, 2005.
- [6] 수소경제 Task Force Team, 친환경 수소경제 구현을 위한 마스터플랜(안): 연료전지산업 및 중장기 신.재생에너지 개발비전, 2005
- [7] D. Linden, "Handbook of Batteries and Fuel Cells", McGraw-Hill Book Company, Setc. 41(1984).

- [8] K.Adamson, A Baker & D. Jollie, Fuel Cell Systems: a survey of worldwide activity, Fuel cell today, 2004,2005
- [9] K. Adamson, Fuel Cell market Surveys:Buses, Fuel Cell Today, 2003,2004
- [10] B.Arnason, Thorsteinn I. Sigfusson, Iceland - a future hydrogen economy, International Journal of Hydrogen Energy, 25,2000
- [11] M.Cropper, Fuel cell market Surveys:Light Duty Vehicles, Fuel Cell Today, 2003, 2004, 2005
- [12] M.Cropper, Fuel cell market Surveys:Niche Transport Applications, Fuel Cell Today, 2003, 2004
- [13] E4tech, Review of Fuel Cell Commercial Potential for DTI and The Carbon Trust, 2003
- [14] Ed White, The Hydrogen Revolution, Thomson Scientific Ltd, 2004
- [15] R.Seymour, J.Martthey, Fuel cell market survey : patents, Fuel Cell Today, 2004
- [16] IEA, Prospects for hydrogen and Fuel Cell, 2005
- [17] <http://www.fuelcelltoday.com>
- [18] <http://fuelcellworld.org>
- [19] <http://www.fuelcelleurope.org>
- [20] <http://jhfc.jp>